



**T.C.**

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**

**TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK**

**MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ELEKTRİK MAKİNALARI-I LABORATUVARI DENEY**

**FÖYÜ**

**(TRANSFORMATÖR VE ASENKRON MAKİNALAR)**

Prof. Dr. Yüksel OĞUZ

Dr. Öğr. Üyesi Tolga ÖZER

Arş. Gör. M. Mustafa KELEK

Afyonkarahisar 2021

**Öğrencinin**

**Adı Soyadı** :

**Sınıfı** :

**Numarası** :

**Grup No** :

**DENEY TAKİP ÇİZELGESİ**

<b>Deneý No</b>	<b>Deneýin Adı</b>	<b>Yapıldığı Tarih</b>	<b>Deneý No</b>	<b>Deneýin Adı</b>	<b>Yapıldığı Tarih</b>
1	Transformatörlerde Sargı Direncinin Ölçülmesi	.../.../.....	8	Bir Fazlı Transformatörlerin Paralel Bağlanması	.../.../.....
2	Transformatörlerin Dönüştürme Oranlarının Bulunması	.../.../.....	9	Üç Faz Asenkron Motorda Faz Dirençlerini Ölçme	.../.../.....
3	Bir Fazlı Transformatörlerin Boş Çalışması (Demir kayıplarının bulunması)	.../.../.....	10	Üç Fazlı Asenkron Motorda Kaymanın Bulunması	.../.../.....
4	Bir Fazlı Transformatörlerin Kısa Devre Çalışması	.../.../.....	11	Asenkron Motorun Boş Çalışması	.../.../.....
5	Transformatörlerde Polarite Tayini	.../.../.....	12	Üç Fazlı Asenkron Motorun Kısa Devre(Kilitli Rotor) Deneyi	.../.../.....
6	Transformatörlerin Yüklü Çalışması	.../.../.....	13	Üç Fazlı Asenkron Motorun Yüklü Çalışması	.../.../.....
7	Transformatörlerde Regülasyon ve Verimin Bulunması	.../.../.....	14	Asenkron Makinenin Generatör Olarak Çalıştırılması	.../.../.....

## Rapor Yazım Kılavuzu

Yapılan deneyler hakkında öğrenci tarafından hazırlanacak olan raporlar şu ana amaca yönelik olacaktır. Rapor, bir mühendisin yaptığı deneyde elde ettiği sonuçların belli bir disiplin ve düzen içinde diğer meslektaşlarına aktarmasını sağlayacak, tamamen anlaşılır ve belli kurallara bağlı olarak yazılmış bir metindir. Bu nedenle deney raporlarının öğrencilere yaptırılmasındaki amaç da bu bakış açısında ele alınmalıdır.

1. Bir deney raporu aşağıdaki ana bölümleri kapsar:

a. Deneyin amacı: Deneyin yapılması ve sonuçları sunulmasındaki ana amaç ve varsa bu amacı tamamlayıcı veya buna ek unsurlar raporun başında kısaca açıklanacaktır.

b. Deney düzeni ve kullanılan aletler: Ölçü düzeni blok şema halinde verilecek ve gerekli ise ölçme sırasında tutulacak yol kısaca açıklanacaktır. Bu işlemten sonra deney düzeninde mevcut ve deneyde kullanılan aletlerin gerekli özellikleri ile birlikte listesi verilecektir.

c. Ölçme sonuçları: İlgili ölçü düzenine ait çeşitli ölçme amaçları için elde edilen sonuçlar düzenli tablolar halinde ölçü Kartları ile birlikte verilecektir.

d. Raporda istenenler: Ölçü ve sonuçları ile ilgili hesaplar eğrilerin çizilerek sunulduğu, sonuçları değerlendirilmesi, ölçü sonuçlarından hesapların sunulduğu bu bölümde yapılacaktır.

e. Sonuç bölümü: Öğrencinin deney hakkındaki genel izlenimi deneyin aksayan hakkındaki fikirleri ve elde edilen sonuçların yorumu bu bölümde yapılacaktır.

2. Raporlar yukarıda açıklandığı gibi 5 ana bölüm altında düzenlenecektir. Raporlar beyaz A4 kağıtların tek yüzüne, mümkünse bilgisayar ile ya da okunaklı bir el yazısı ile yazılarak hazırlanacaktır.

3. Raporlardaki eğriler milimetrik kağıda, eksenler ve bu eksenlerdeki taksimatlarına ölçekleri açıkça belli olacak şekilde el ile çizilecek, bir eksen takımı üzerine birden fazla eğri çizildiğinde farklı çizgi şekilleri kullanılacaktır.

4. Raporun değerlendirilmesinde rapor düzeni de dikkate alınacaktır.

5. Deneyi yaptıran araştırma görevlisi deney föyündeki sorular ile kendi hazırladığı sorulardan bir kısmını veya tamamını raporu hazırlayacak öğrenciden bilgi düzeyini arttırmak için, yazılı olarak cevaplamasını isteyebilir.

6. Grup elemanları her deneyden sonra bireysel bir rapor hazırlayacaklardır.

7. Raporlar, deneyi yapan öğrencinin isminin, imzasının, tarih ve e-mail adresinin yer aldığı tek tip kapak sayfası ile başlayacaktır. Bunların dışında farklı yapılarda kapaklar kullanmayınız.

8. Raporlar deneyin yapıldığı tarihten bir hafta sonra deney saatinde teslim edilmelidir. Teslim zamanından geç getirilen raporlar kabul edilmeyecektir. Teslim edilmeyen raporların notu sıfır olarak belirlenecektir.

Deney raporu kapak sayfası aşağıda verilen formatta olmalıdır. (Renkli çıktı olmasına gerek yoktur.)



**T.C. AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK  
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**ELEKTRİK MAKİNALARI-I  
LABORATUVARI  
DENEY RAPORU**

**DENEY NO :  
DENEYİN ADI :  
DENEY TARİHİ :  
RAPOR TESLİM TARİHİ :**

**DENEYİ YAPAN:**

**Numara**

**Adı-Soyadı**

**E-mail**

**İmza**

# I. TRANSFORMATÖRLER

## Giriş

Elektrik enerjisinin en önemli özelliklerinden biri de üretildiği yerden çok uzak bölgelere kolayca taşınabilmesidir. Bu taşınmanın verimli bir şekilde yapılabilmesi için gerilimin yeteri kadar yüksek olması gerekir.

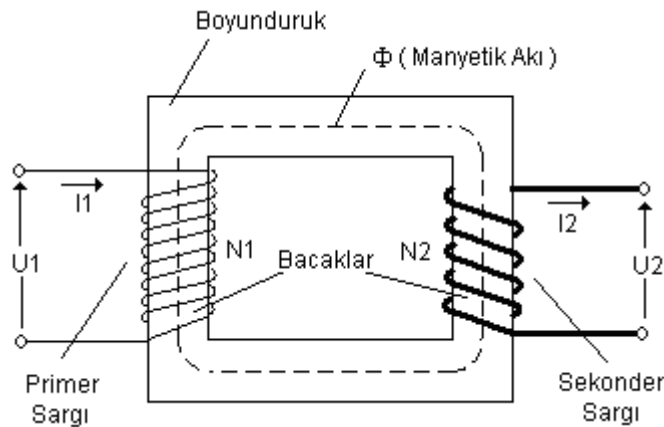
Elektrik enerjisi doğru veya alternatif akım şeklinde üretilir. Doğru akımda yüksek gerilimli enerji iletimi son zamanlarda büyük önem kazanmıştır. Ancak bu konuda istenilen düzeye gelinememiş olup çalışmalar sürdürülmektedir. Buna karşılık alternatif akımlı elektrik enerjisinin gerilimi transformatörler yardımı ile yükseltip düşürülebildiğinden, enerjinin alternatif akımla taşınması önemini korumaktadır.

Orta, yüksek, çok yüksek gerilimler transformatörler yardımıyla kolayca elde edilebilir. Elektrik enerjisinin iletilmesi, dağıtılması gibi alanlarda ve çeşitli aygıtların çalıştırılmasında kullanılan transformatörler en önemli elektrik makinelerinden biridir. Transformatörlerin hareket eden parçaları olmadığından sürtünme ve rüzgar kayıpları söz konusu değildir. Bundan dolayı verimi en yüksek elektrik makinesi olarak gösterilebilir. Transformatörlerin verimleri %99,6 'ya kadar yükseltilebilmiştir.

## Transformatörlerin yapısı ve çalışma prensibi

### Yapısı

Transformatörler ince, özel silisli saçlardan oluşan kapalı bir manyetik gövde (nüve) ile bunun üzerine, yalıtılmış iletkenlerle sarılan sargılardan oluşur. En basit şekilde transformatörde iki sargı bulunur. Bu sargılardan birine **primer** veya birinci devre ötekine ise **sekonder** veya ikinci devre adı verilir. Primer ve sekonder sargılarının birbirleri ile elektriksel bir bağlantısı yoktur. Ancak özel olarak yapılan oto transformatörlerinde her iki sargı elektriksel olarak birbirleri ile bağlantılıdır. Şekil-1 de bir transformatörün basit yapısı görülmektedir.



Şekil 1 Bir Fazlı Transformatörün yapısı

Transformatörlerin primer sargıları uygun gerilimdeki bir alternatif akım devresine bağlandığında sekonder sargılarından değişik değerlerde fakat **aynı frekansta** başka bir alternatif gerilim alınır. Transformatör; sargıların birisinden geçen bir alternatif akım sistemini, elektromanyetik endüksiyon etkisi ile diğer sargısında aynı frekanslı fakat farklı şiddet ve gerilimde başka bir akım sistemine dönüştüren statik bir elektrik makinasıdır.

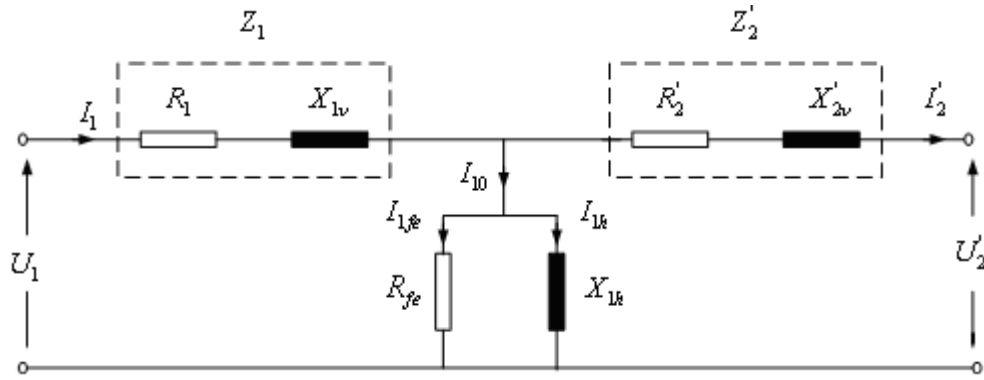
### Çalışma prensibi:

Primer sargılarına alternatif bir gerilim uygulandığında, bu sargı değişken bir manyetik alan oluşturur. Bu alan, üstünde sekonder sargının da bulunduğu manyetik demir nüve üzerinden devresini tamamlar. Primere uygulanan alternatif gerilimin zamana bağlı olarak her an yön ve

şiddeti değiştiğinden, oluşturduğu manyetik alanın da her an yön ve şiddeti değişir. Bu alanın sekonder sargılarını kesmesi ile bu sargılarda alternatif bir gerilim endüklenir. Primer ve sekonder sargılarının birbirleri ile elektriksel hiç bir bağlantıları olmadığı halde 2.devrede manyetik endüksiyon yolu ile bir gerilim oluşabilmektedir. Transformatorün primer sargılarına doğru gerilim uygulandığında, demir nüve üzerinde yine bir manyetik alan oluşur. Ancak bu manyetik alan, sabit bir alandır. Bu alanın yön ve şiddeti değişmediğinden sekonder sargılarında bir elektro-motor-kuvvet (emk.) endüklenmesi söz konusu olamaz. Çünkü endüksiyon kurallarına göre, değeri değişen manyetik alanlar tarafından etkilenen sargılarda endüksiyon gerilimleri oluşabilir. Doğru akımın verilmesi ve kesilmesi sırasında sekonderde endüksiyon gerilimleri görülebilir. Ancak manyetik alanın değişimi sürekli olmadığından, transformator doğru akımda kullanılamaz.

## Transformator Eşdeğer Devreleri

### İdeal Transformator Eşdeğer Devresi

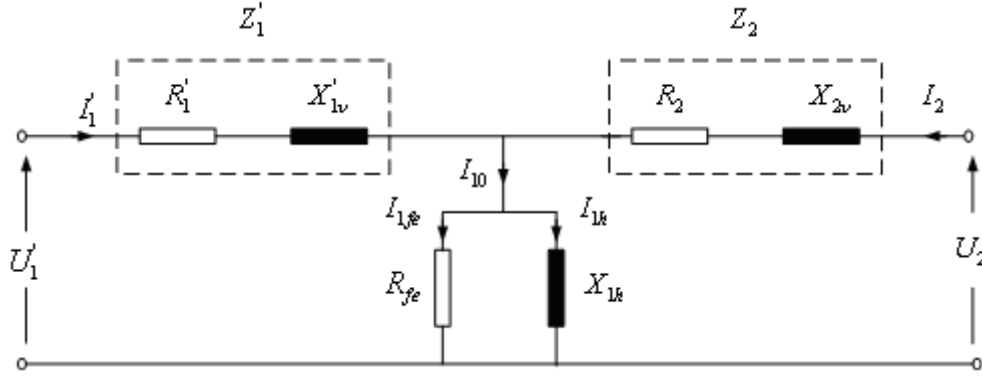


$$\begin{aligned}
 R_1 &\cong R_2' = R_2 \cdot \dot{u}^2 & Z_1 &\cong Z_2' = Z_2 \cdot \dot{u}^2 & I_1 &\cong I_2' = I_2 / \dot{u} \\
 X_{1v} &\cong X_{2v}' = X_{2v} \cdot \dot{u}^2 & & & U_1 &\cong U_2' = U_2 \cdot \dot{u}
 \end{aligned}$$

Trafonun genel eşdeğer devresi olan T eşdeğer devresi trafonun 1. ve 2. devre parametrelerine birbirine dönüştürülerek elde edilen eşdeğer devredir. Üsteki şekilde ikinci taraf birinci tarafa indirgenmiş eşdeğer devre görülmektedir. Burada görüleceği gibi trafonun her parametresi eşdeğer devrede temsil edilmiştir. Dolayısıyla bu eşdeğer devre incelemelerde hassas olarak kullanılan bir eşdeğer devredir.

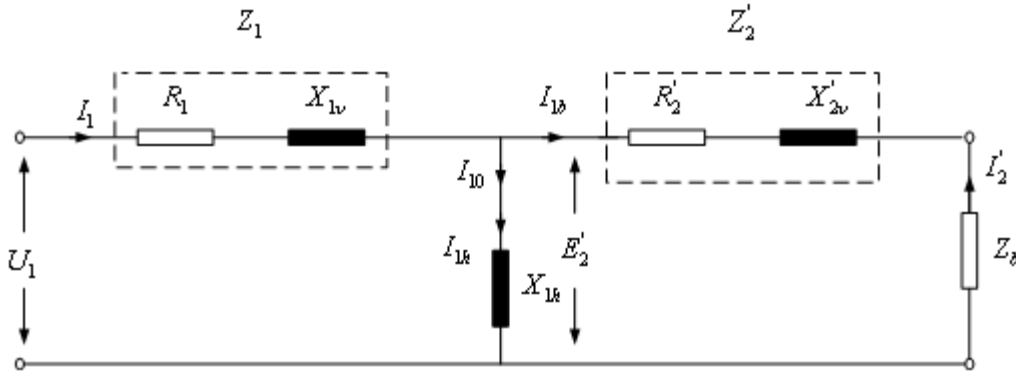
$$\begin{aligned}
 U_2 &\cong U_1' = U_1 / \dot{u} & I_2 &\cong I_1' = I_1 \cdot \dot{u} & R_2 &\cong R_1' = R_1 / \dot{u}^2 \\
 X_{2v} &\cong X_{1v}' = X_{1v} / \dot{u}^2 & Z_{2v} &\cong Z_{1v}' = Z_{1v} / \dot{u}^2 & Z_b' &= Z_b \cdot \dot{u}^2 & Z_b &= R_b + jX_b
 \end{aligned}$$

Başlıca indirgeme üç kuraldan oluşur;



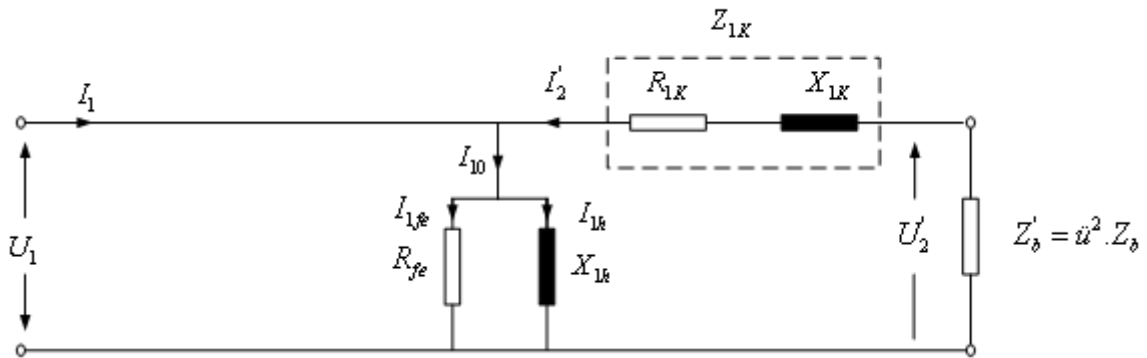
\* Gerilim çevirme oranı ile çarpılarak indirgeme \* Akım çevirme oranına bölünerek indirgeme \* Direnç, reaktans ve empedans çevirme oranının karesiyle çarpılarak indirgeme yapılır.

Demir kayıpsız T eşdeğer devre



$$I_{10} = I_{1fe} + jI_{1h} \quad I_{10} \cong I_{1h} \quad R_{fe} \gg X_{1h} \quad I_{1fe} \ll I_{1h} \quad Z_{gir} = Z_1 + \frac{(Z_2' + Z_b) \cdot jX_{1h}}{(Z_2' + Z_b) + jX_{1h}}$$

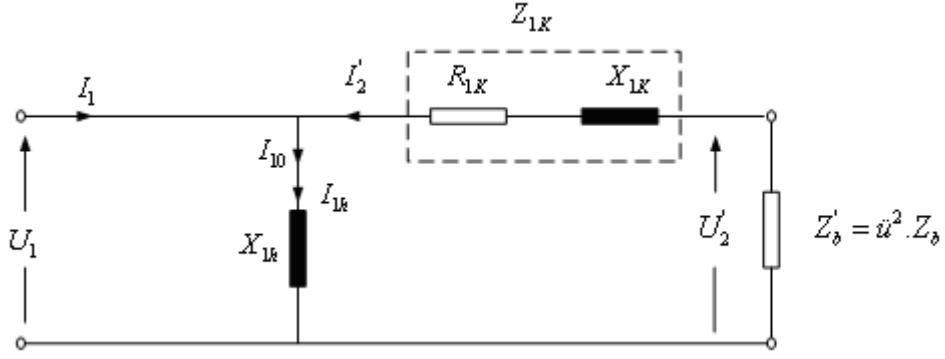
L eşdeğer devre



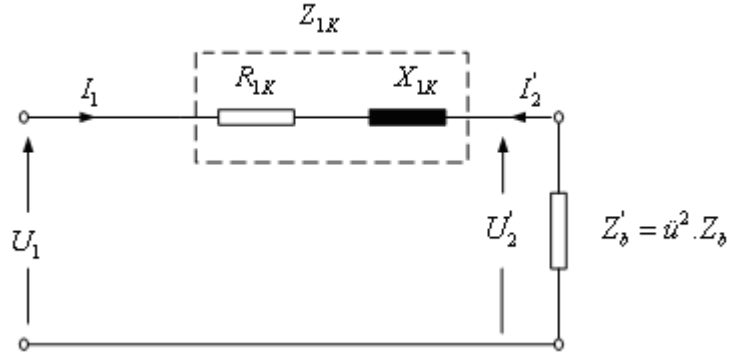
$$R_{1K} = R_1 + R_2' \quad X_{1K} = X_{1v} + X_{2v}' = X_{1v} + u^2 \cdot X_{2v}' \\ R_1 \cong R_2' = R_{1K} / 2 \quad X_{1v} \cong X_{2v}' \cong X_{1K} / 2 \quad R_2' = u^2 \cdot R_2 \quad X_{2v}' = u^2 \cdot X_v$$

T eşdeğer devrede orta akım kolu giriş veya çıkış uçlarına kaydırılarak seri direnç veya kaçak reaktanslar toplanabilir. Böylece eleman sayısı 4'e düşer.

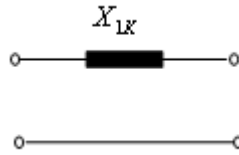
Demir kayıpsız L eşdeğer devre



En basit eşdeğer devre



Trafoyu direk temsil eder. Modellemelerde en basit eşdeğer devreden başlanarak işlem yapılır.



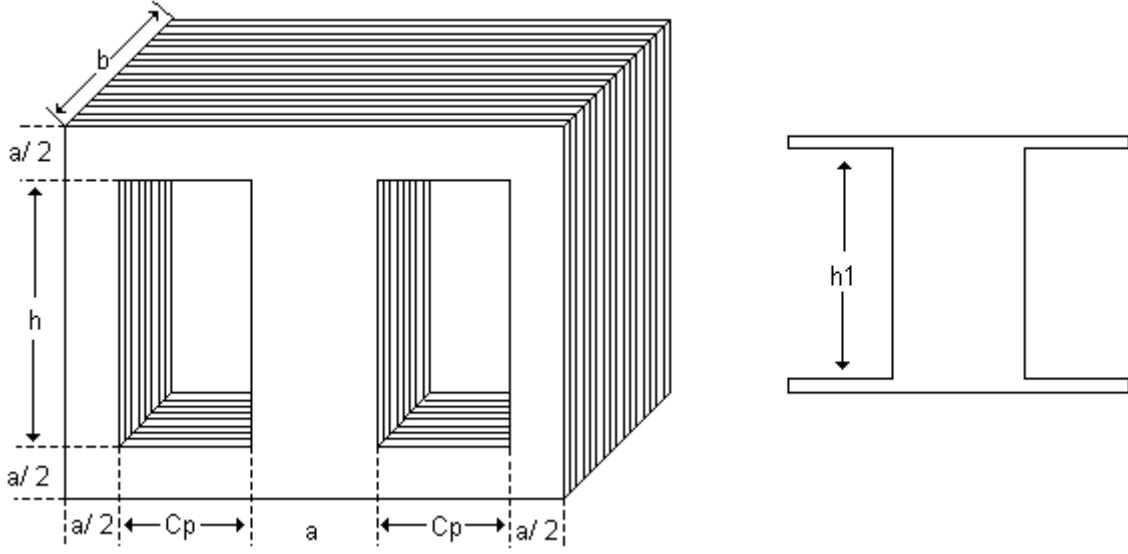
$$X_{1K} > R_{1K}$$

Kısa devre direnci ihmal edilmiş yalnız kısa devre reaktansı olan eşdeğer devre

Uygulamada küçük güçlü trafolarında L eşdeğer devre tercih edilir. Orta güçlü trafolarında kısa devre empedanslı eşdeğer devre, büyük güçlü trafolarında ise kısa devre reaktanslı eşdeğer devre tercih edilir.



## Bir fazlı transformatör sarım hesabı:



**S<sub>1</sub>**: Giriş (primer) gücü (VA)  
**S<sub>n</sub>**: Manyetik nüve kesiti (cm<sup>2</sup>)  
**U<sub>1</sub>**: Primer gerilim (V)  
**I<sub>1</sub>**: Primer akımı (A)  
**s<sub>1</sub>**: Primer iletken kesiti (mm<sup>2</sup>)  
**d<sub>1</sub>**: Primer iletken çapı (mm)  
**Φ**: Manyetik akı (Weber)  
**η**: Verim (%)  
**a**: Nüve eni (cm)  
**h**: Pencere yüksekliği (cm)  
**C<sub>p</sub>**: Pencere genişliği (cm)  
**c**: Transformatör gücü ile nüve kesiti arasındaki ilişkiyi veren katsayı (0,7 -1,5)  
**j**: Akım yoğunluğu (A/mm<sup>2</sup>) (Havalı trafo j =1,8-2,6) (Yağ soğutmalı j =2,5-4)

**S<sub>2</sub>**: Çıkış (sekonder) gücü (VA)  
**f**: Frekans (Hz)  
**U<sub>2</sub>**: Sekonder gerilimi (V)  
**I<sub>2</sub>**: Sekonder akımı (A)  
**s<sub>2</sub>**: Sekonder iletken kesiti (mm<sup>2</sup>)  
**d<sub>2</sub>**: Sekonder iletken çapı (mm)  
**B**: Manyetik akı yoğunluğu (Tesla)  
**e**: Gerilim Düşümü  
**b**: Nüve genişliği (cm)  
**h<sub>1</sub>**: Makaranın içten içe yüksekliği (cm)

$$\text{Manyetik nüve kesiti: } S_n = a \cdot b \text{ (cm}^2\text{)} \quad S_n = c \cdot \sqrt{S_2} \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Primer gücü : } S_1 = S_2 / \eta \text{ (VA)}$$

$$\text{Manyetik akı } \Phi = B \cdot S_n \text{ (Wb)} \quad \Phi \text{ (Wb)} = B(T) \cdot S_n \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Primer spir sayısı } N_1 = U_1 / (4,44 \cdot B \cdot S_n \cdot f) \quad \text{Sekonder spir sayısı } N_2 = U_2 / (4,44 \cdot B \cdot S_n \cdot f)$$

$$\text{Primer iletken akımı } I_1 = S_1 / U_1 \text{ (A)} \quad \text{Sekonder iletken akımı } I_2 = S_2 / U_2 \text{ (A)}$$

$$\text{Primer iletken kesiti } s_1 = I_1 / j \text{ (mm}^2\text{)} \quad \text{Sekonder iletken kesiti } s_2 = I_2 / j \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Primer iletken çapı } d_1 = \sqrt{(4 \cdot s_1) / \pi} \text{ (mm)} \quad \text{Sekonder iletken çapı } d_2 = \sqrt{(4 \cdot s_2) / \pi} \text{ (mm)}$$

$$\text{Makaranın içten içe yüksekliği } h_1 = h - 2 \cdot (\text{Pres bant kalınlığı} + \text{hava aralığı})$$

$$\text{Bir kattaki primer iletken sayısı} = h_1 / d_1 \text{ spir} \quad \text{sekonder iletken sayısı} = h_1 / d_2 \text{ spir}$$

$$\text{Primer sargı kalınlığı} = \text{Kat sayısı} \cdot d_1 + \text{presbant adeti} \cdot \text{presbant kalınlığı} + \text{kabarma payı}$$

$$\text{Sekonder sargı kalınlığı} : \text{Kat sayısı} \cdot d_2 + \text{presbant adeti} \cdot \text{presbant kalınlığı} + \text{kabarma payı}$$

$C_p > ( \text{Primer sargı kalınlığı} + \text{Sekonder sargı kalınlığı} ) \Rightarrow$  hesaplamalar uygundur.

### Transformatör plakasında bulunması gereken bilgiler

Her transformatörün atmosferik koşullara dayanıklı bir maddeden yapılmış ve aşağıdaki bilgileri içeren bir etiketi, plakası vardır. Transformatörün plakası üzerinde bulunan bilgiler, birçok konunun aydınlanmasına yardımcı olur. Kuruluş, işletme, bakım ve laboratuvar deneyleri sırasında bu bilgilere başvurulur.

Ter-San	
Faz sayısı = 3	İmal Y : 1-04
Gücü = 3,5 kVA	f : 50 Hz
Giriş gerilimi : 3 x 220V	Giriş : 20 A
Çıkış gerilimi : 3 x 270V	Çıkış : 20 A

Transformatör plakası üzerinde bulunması gereken bilgiler neler olduğu, TÜRK STANDARTLARI' nın Mart-1978 tarihli 267. sayısında belirtmiştir. Buna göre etiket üzerinde bulunması gereken bilgiler şunlardır:

- Transformatörün tipi
- Standardın işaret ve numarası
- Yapımcının ticaret ünvanı veya kısa adı
- Yapımcının verdiği seri numarası
- Yapım yılı
- Faz sayısı
- Anma gücü
- Sargı izolasyon malzemesi
- Anma frekansı
- Anma akımları
- Bağlantı simgesi
- Anma akımının kısa devre gerilimi
- Soğutma türü
- Toplam ağırlık
- Yalıtkan yağın ağırlığı

**Deney No : 1**

**Deneyin Adı : Transformatörlerde Sargı Direncinin Ölçülmesi**

### Teorik Bilgi

Yük kayıplarının hesaplanarak  $75^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa uyarlanabilmesi için sargı direnç değerlerinin bilinmesi gerekir. Yük kayıplarının doğru akım bileşeni ancak ve ancak sargıdan geçen akımın karesinin, sargı direnci ile çarpılması sonucu hesaplanabilir.

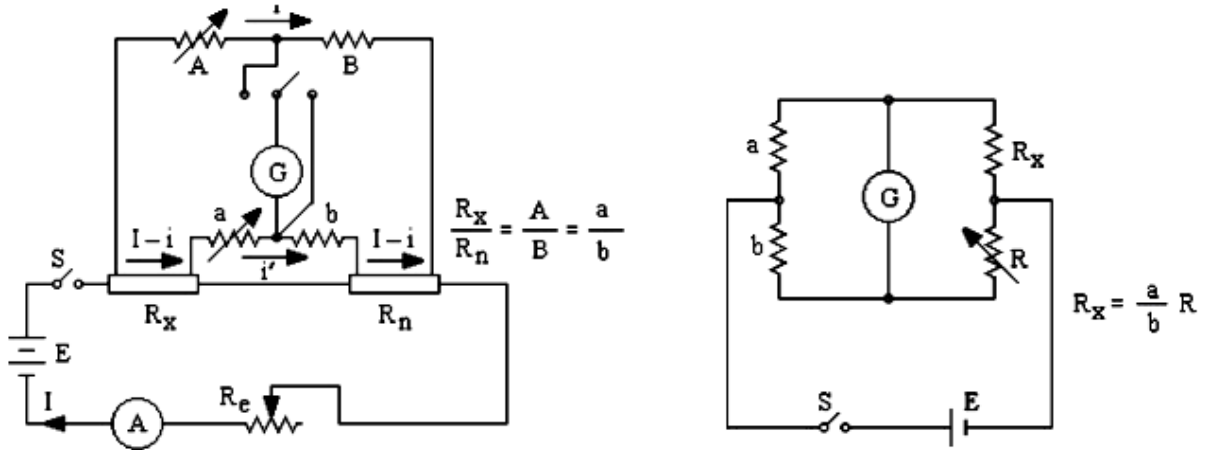
Diğer bir konu da örneğin sargılardaki iletken kopukluğu ya da sargı iletkenlerindeki kaynak ya da birleşme noktalarındaki hataların direnç ölçümü yöntemiyle tespit edilebilme olasılığıdır.

DC direnç ölçümünde kullanılan başlıca iki yöntem vardır. Bunlar sırasıyla:

- Wheatstone veya Thomson (Kelvin) direnç ölçme köprüleri
- Akım-gerilim yöntemi

Her iki yöntemde de besleme gerilimi bir doğru gerilim kaynağından sağlanır. (akümülatör ya da batarya ).Burada dikkat edilmesi gereken nokta, ölçü sırasında sargıdan geçecek akımın, doğruluğu yüksek bir ölçmeye olanak tanıyacak kadar büyük ancak bu esnada sargı sıcaklığını artırmayacak kadar da küçük olması gerektiğidir. Uygulamada bu akım değeri trafonun boşta çalışma akımının 1,2 katından daha büyük, trafonun nominal akımının %10'undan ise daha küçük seçilmektedir. Ölçü devresinin zaman sabiti  $L/R$  oranına bağlıdır. Devre beslendiğinde ölçmenin sağlıklı yapılabilmesi için tam doyma sağlanana kadar beklenilmesi gerekir.

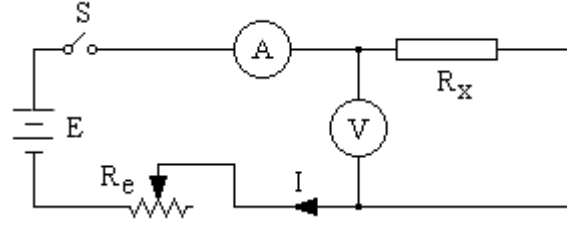
Direnç ölçmede kullanılan wheatstone ve thomson köprülerinin prensip şemaları aşağıda verilmiştir.



**Şekil 1.1** Wheatstone veya Thomson (Kelvin) direnç ölçme köprüleri

Her iki şemada da  $R_x$  dirençleri ölçülen sargı dirençlerini simgelemektedir. Diğer  $A, B, a, b, R_n$  dirençleri değerleri kademeli olarak değiştirilebilen ön dirençlerdir.  $R_e$  simgesi ile gösterilen devre elemanı ise reosta olup geçen akımı sınırlamamıza yarar. Ölçüm yapılırken sargı direncinin mertebesinin az çok bilinmesinde yarar vardır. Buna göre ön direnç değerleri seçilirse daha çabuk sonuca ulaşmamız mümkün olur.

Akım gerilim yöntemiyle direnç ölçme prensip şeması da aşağıda verilmiştir.



**Şekil 1.2** Akım- gerilim yöntemi ile direnç ölçme

Burada S anahtarı kapandıktan sonra reosta yardımı ile devreden uygun bir akım geçirilir. Ampermetreden geçen akım sabit bir değere ulaştığında akım ve gerilim ölçümü yapılır. Buna göre ölçülen gerilim  $U_x$  ve ölçülen akım  $I_x$  ise ölçülen direnç:

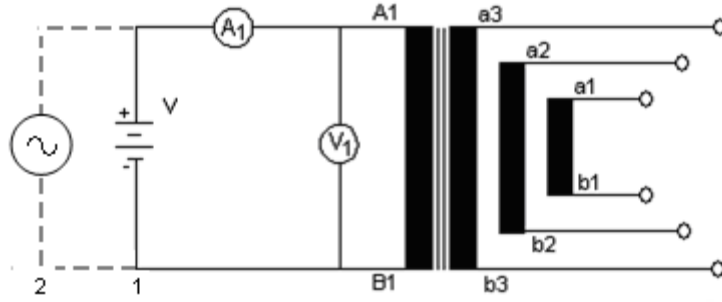
$$R_{x\text{dc}} = U_x / I_x$$

Bulunan bu değer doğru akım direncidir. Alternatif akımdaki omik direnç doğru akıma nazaran % 110-150 daha fazladır. Bunun nedeni alternatif akımdaki deri olayıdır. Bu durumda altrenatif akım direnci

$$R_{x\text{ac}} = k.R_{x\text{dc}} \quad (k = 1,1 \dots 1,5)$$

Böylece sargının omik direnci ( $R_{x\text{ac}}$ ) bulunmuş olur. Daha sonra devreye D.C yerine A.C gerilim uygulanır bu sefer  $Z_x = U_x / I_x$  sargının empedansı ölçülmüş olur. Daha sonra  $X_{Lx} = \sqrt{Z_x^2 - R_{x\text{ac}}^2}$  ile sargının endüktif reaktansı bulunur. Böylece transformatörün bir sargısının  $Z_x$ ,  $R_x$  ve  $X_{Lx}$  bulunur.

### Deney Bağlantı Şeması



### İşlem Basamakları

- 1- Deneyde kullanılacak malzemeleri belirleyiniz.
- 2- Deney bağlantı şemasına uygun olarak devreyi kurunuz.
- 3- Öğretim görevlisinin gözetiminde devreye önce DC sonra AC gerilim uygulayınız.
- 4- Her sargı için ayrı ayrı gerekli ölçümleri yapınız.
- 5- Ölçüm değerlerini tabloya giriniz.
- 6- Gerekli hesaplamaları yapınız.
- 7- Deney bağlantılarını söküp, malzemeleri yerlerine koyunuz.

## Deneyde Ölçülen Değerler

Sargı	$U_{dc}$ (V)	$I_{dc}$ (A)	$U_{ac}$ (V)	$I_{ac}$ (A)	$R_{dc}$ ( $\Omega$ )	$R_{ac}$ ( $\Omega$ )	$X_L$ ( $\Omega$ )	$Z$ ( $\Omega$ )
A1-B1								
a1-b1								
a2-b2								
a3-b3								

## Sorular ve Cevaplar

1- Deri olayı nedir şekil çizerek açıklayınız?

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

2- Elektromanyetik indüksiyon ne demektir, açıklayınız?

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

3- Bu deneyden elde edilen transformatör parametreleri nelerdir? Bu parametreler nerelerde kullanılır.

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

4- Büyük güçlü transformatörlerde sargı dirençleri neden çok küçük değerlerdedir?

-----  
-----  
-----

---

---

---

---

---

---

---

---

5- Üç fazlı transformatörlerin yıldız bağlı veya üçgen bağlı olması durumunda bir faz sargı direnci nasıl hesaplanır.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6- Transformatör sargı dirençleri sıcaklıkla neden değişir? Değişim eğrisi nasıldır?



---

---

---

---

---

**Sonuç**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Deney No : 2**

**Deney Adı : Transformatörlerin Dönüştürme Oranlarının Bulunması**

### **Teorik Bilgi**

Bir iletkende emk. indüklenebilmesi için o iletkenin sabit bir manyetik alan içinde hareket ettirilmesi veya değişen bir manyetik alan içinde bulundurulması gerekir. Birinci durum doğru akım generatörlerinin çalışma prensibini, ikinci durum ise transformatörlerin çalışma prensibini oluşturur.

Transformatör boştaki akımının oluşturduğu manyetik akının sekonder sargılarını kestiği ve boştaki nüve kayıplarının sıfır olduğu varsayılırsa böyle bir transformatör ideal transformatör olarak tanımlanır. İdeal transformatörlerde sekonder sargıları kesen kuvvet çizgilerinin tamamı, birinci devre sargılarını da keser. Bu durumda transformatörün her iki sargısının her bir sarımında aynı değerde gerilim endüklenir. Buna, her iki sargının sipir başına endüklenen gerilimleri aynıdır diyebiliriz. Primer ve sekonder sargılarda endüklenen bu gerilimler aynı  $\Phi$  akısı tarafından oluşturulduğundan aralarında bir faz farkı yoktur. Yani birinci ve ikinci devrede endüksiyon yolu ile oluşan gerilimler aynı fazdadır.

Transformatörün primerinde oluşan  $E_1$  emk.'i Lenz kanununa göre kendisini oluşturan  $U_1$  gerilimine ters yönde olup yaklaşık olarak eşit değerdedir. (Gerçekte  $E_1$  emk.  $U_1$  den % 1 ila % 2 kadar küçüktür.) Transformatörün her iki sargısında sipir başına endüklenen gerilimler aynı olduğundan 1. ve 2. devre emk'larının birbirine oranı, sipir sayılarının oranına eşit yazılabilir.

$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$  Bu eşitliği  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$  şeklinde de gösterebiliriz. Bu eşitliklerdeki harflerin anlamları şöyledir:

$E_1$  : Primerde indüklenen emk. (V)

$U_1$  : Primer gerilimi. (V )

$N_1$  : Primerin sipir sayısı.

$E_2$  : Sekonderde indüklenen emk. (V)

$U_2$  : Sekonder gerilimi. (V)

$N_2$  : Sekonder sipir sayısı.

Transformatörlerin verimleri çok yüksek olduğundan 1. ve 2. devre güçleri birbirine eşit yazılabilir. Buna göre volt-ampere (VA) olarak 1. ve 2. devre güçleri,

$S_1 = U_1 \cdot I_1$  ;  $S_2 = U_2 \cdot I_2$  şeklinde belirtilir. Kayıpsız transformatörde  $S_1 = S_2$  olduğundan  $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$  ve  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$  yazılabilir. Bu eşitliği  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$  ile birleştirip yazarsak,

transformatörlerin ( $\ddot{u}$ ) ile belirtilen dönüştürme oranlarını bulmuş oluruz. Buna göre transformatörlerde dönüştürme oranı:

$$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

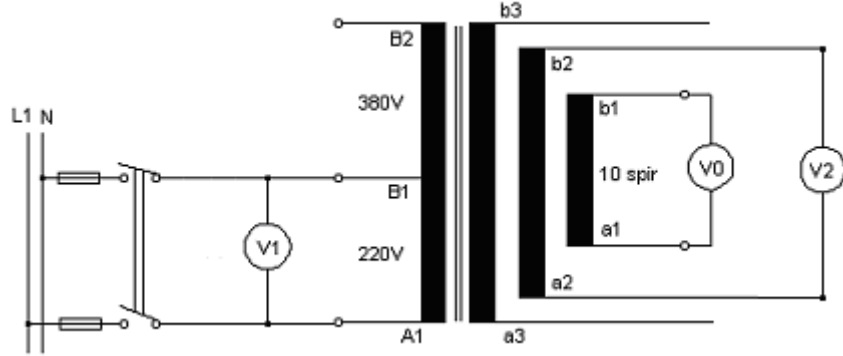
şeklinde yazılabilir:

Bir transformatörün dönüştürme oranı boş çalışma deneyi ile hesaplanır. Transformatörün primerine gerilim uygulanır sekonder tarafından gerilim ölçülür. Primere uygulanan gerilim sekonderden okunan gerilime oranlanırsa transformatörün dönüştürme oranı bulunur. Dönüştürme oranını kullanarak; primer ve sekonder gerilimleri, sipir sayıları ve akımları bulunabilir.

Sarım sayısı bilinmeyen bir transformatörün dönüştürme oranı kolaylıkla bulunabilir. Bunun için transformatörün nüvesine birkaç spirlik bobin sarılır. Daha sonra primere gerilim uygulanır ve sardığımız bobinde indüklenen gerilimler ölçülür.

$N_1 = (U_{10} / U_b) \cdot N_b$  formülüyle primer sargısının siper sayısı bulur daha sonra dönüştürme oranı yardımıyla sekonder siper sayısı, sekonder gerilimi kolaylıkla bulunabilir.

### Deney Bağlantı Şeması



### Deneyde Ölçülen Değerler

	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	ü
A1-B1 a3-b3			
A1-B1 a2-b2			
A1-B1 a1-b1			

### İşlem Basamakları

- 1- Deneyde kullanılacak malzemeleri belirleyiniz.
- 2- Deney bağlantı şemasına uygun olarak devreyi kurunuz.
- 3- Öğretim görevlisinin gözetiminde devreye enerji veriniz.
- 4- Ölçü aletlerinden değerleri okuyup, tabloya giriniz.
- 5- Her sargı için ayrı ayrı gerekli ölçümleri yapınız.
- 6- Gerekli hesaplamaları yapınız.
- 7- Deney bağlantılarını söküp, malzemeleri yerlerine koyunuz.

### Sorular ve Cevaplar

1- Lenz kanununu kısaca açıklayınız?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2- Sarım sayısı bilinmeyen bir transformatörün sarım sayıları nasıl tespit edilebilir? Bunun için gerekli uygulamaları ayrıntılı biçimde anlatınız.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



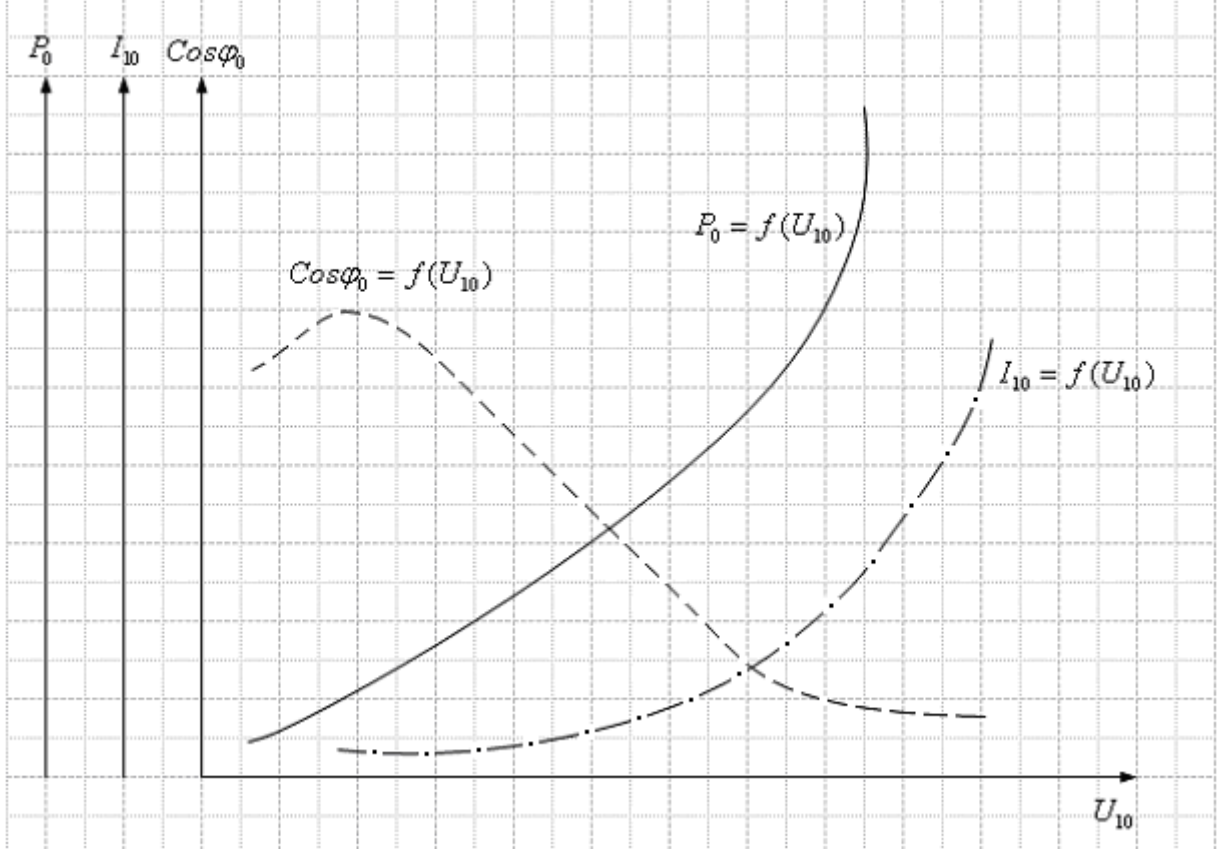




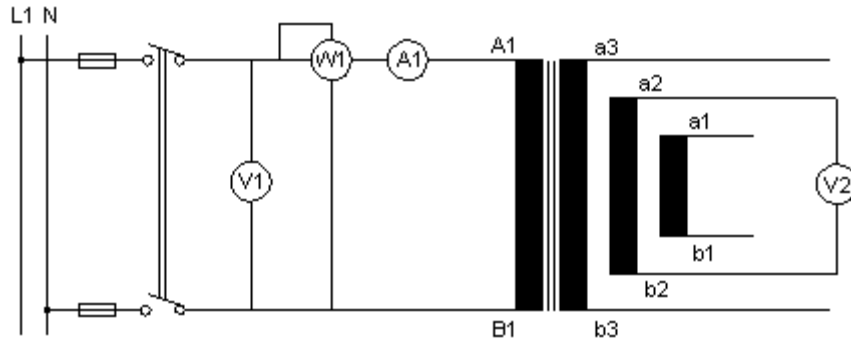
Boşta güç katsayısı :  $\cos\varphi_0 = P_0 / (U_{10} \cdot I_{10}) \cong P_0 / (U_{20} \cdot I_{20})$

Bağıl boş çalışma akımı:  $i_0 = \frac{I_{10}}{I_{1N}} = \frac{I_{20}}{I_{2N}}$  ,  $I_{1Fe} = I_{10} \cdot \cos\varphi_0$  ,  $I_{1h} = I_{10} \cdot \sin\varphi_0 = \sqrt{I_{10}^2 - I_{1Fe}^2} \cong I_{10}$

$$Z_{1h} = \frac{U_{10}}{I_{10}} = \frac{U_{10}^2}{i_0 \cdot S_N} , \quad R_{1Fe} = \frac{U_{10}}{I_{1Fe}} = \frac{P_0}{I_{1Fe}^2} = \frac{U_{10}^2}{P_0} , \quad X_{1h} = \frac{U_{10}}{I_{1h}}$$



### Deney Bağlantı Şeması:



### İşlem Basamakları

- 1- Deneyde kullanılacak malzemeleri belirleyiniz.
- 2- Deney bağlantı şemasına uygun olarak devreyi kurunuz.
- 3- Öğretim görevlisinin gözetiminde devreye enerji veriniz.
- 4- Ölçü aletlerinden değerleri okuyup, tabloya giriniz.
- 5- Her kademe için ayrı ayrı gerekli ölçümleri yapınız.
- 6- Gerekli hesaplamaları yapınız.
- 7- Deney bağlantılarını söküp, malzemeleri yerlerine koyunuz.

## Deneyde Ölçülen Değerler

No	$U_{10}$ (V)	$I_{10}$ (A)	$P_0$ (W)	$P_{Cu0}$ (W)	$P_{Fe}$ (W)	$\ddot{u}_n$	$R_1$ ( $\Omega$ )	$i_0$	$I_{1Fe}$ (A)	$I_{1h}$ (A)	$R_{1Fe}$ ( $\Omega$ )	$X_{1h}$ ( $\Omega$ )	$Z_{1h}$ ( $\Omega$ )	$\cos \varphi_0$
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

## Sorular ve Cevaplar

1- Boş çalışma karakteristik eğrileri transformatörün nesine bağlı olarak değişmektedir? Kısaca açıklayınız.

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

2- Boş çalışma akımının küçük olması için neler yapılmalıdır.

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

3- Ölçüm değerlerine göre boş çalışma eğrilerini çizip yorumlayınız.







Kısa devre güç katsayısı:  $\cos\varphi_K = \frac{P_{KN}}{S_K} = \frac{P_{KN}}{U_{1K} \cdot I_{1K}} = \frac{P_{KN}}{U_{2K} \cdot I_{2K}}$

Kısa devre empedansı:  $Z_{1K} = \frac{U_{1K}}{I_{1K}}$ ,  $Z_{2K} = \frac{U_{2K}}{I_{2K}}$  Kısa devre direnci:  $R_{1K} = \frac{P_K}{I_{1K}^2}$ ,  $R_{2K} = \frac{P_K}{I_{2K}^2}$

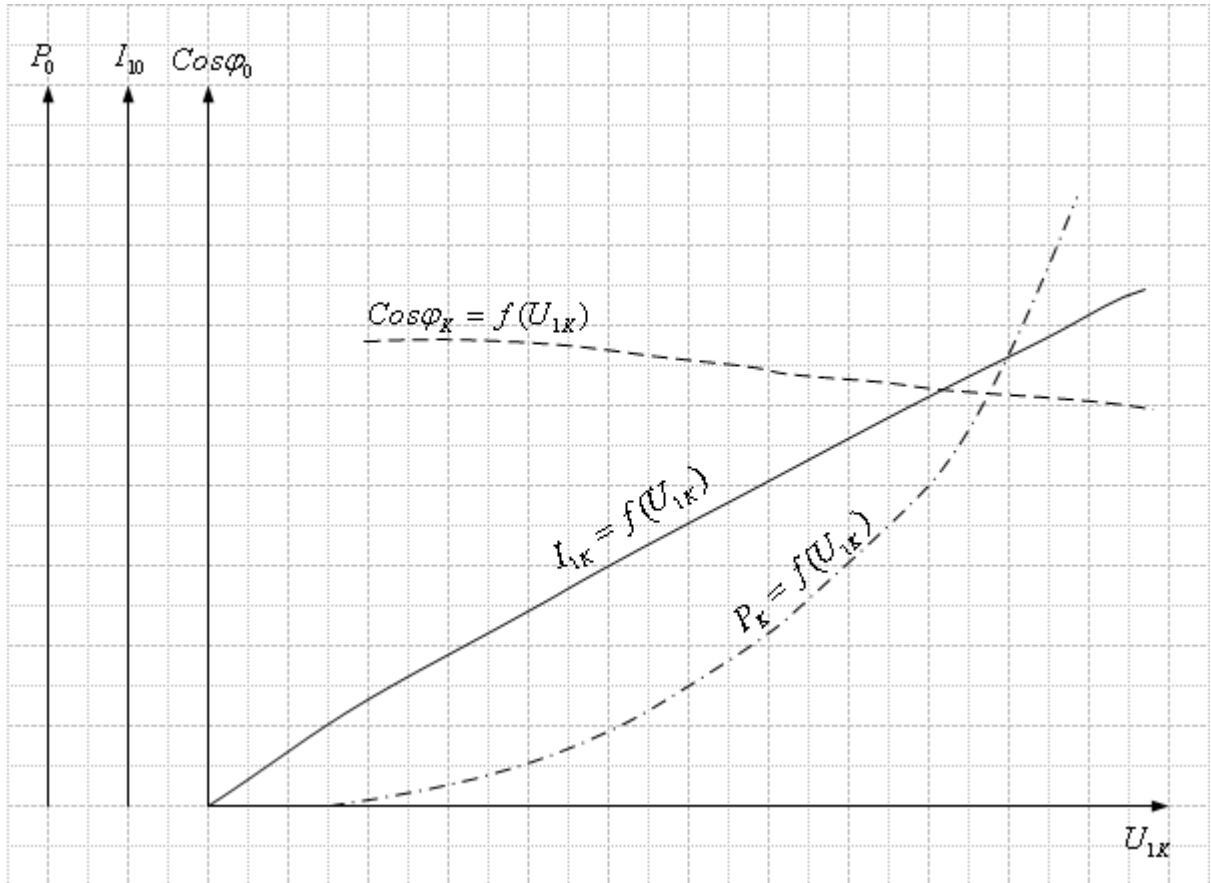
Kısa devre reaktansı:  $X_{1K} = \sqrt{Z_{1K}^2 - R_{1K}^2}$ ,  $X_{2K} = \sqrt{Z_{2K}^2 - R_{2K}^2}$

Anma kısa devre gerilimleri ve bileşenleri

$U_{1RN} = R_{1K} \cdot I_{1N} = U_{1KN} \cdot \cos\varphi_K$  .  $U_{1XN} = X_{1K} \cdot I_{1N} = U_{1KN} \cdot \sin\varphi_K = \sqrt{U_{1KN}^2 - U_{1RN}^2}$

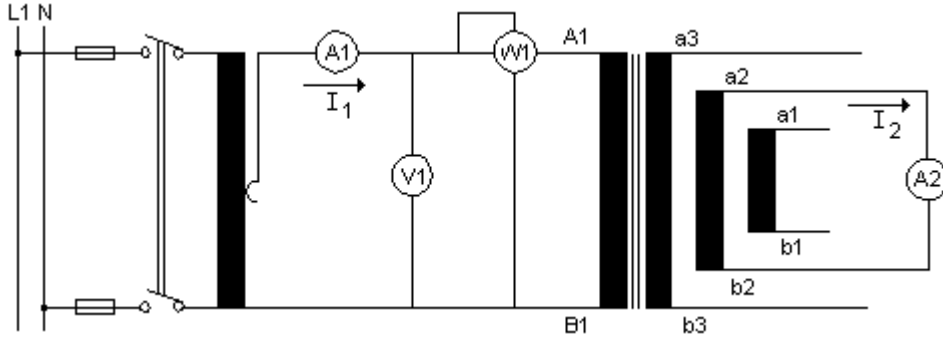
$u_{KN} = \frac{U_{1KN}}{U_{1N}} = \frac{U_{2KN}}{U_{2N}}$   $u_{RN} = \frac{U_{1RN}}{U_{1N}} = \frac{R_{1K} \cdot I_{1N}}{U_{1N}} = \frac{U_{2RN}}{U_{2N}} = \frac{R_{2K} \cdot I_{2N}}{U_{2N}} = \frac{P_{KN}}{S_N} = u_{KN} \cdot \cos\varphi_K$

$u_{XN} = \frac{U_{1XN}}{U_{1N}} = \frac{X_{1K} \cdot I_{1N}}{U_{1N}} = \frac{U_{2XN}}{U_{2N}} = \frac{X_{2K} \cdot I_{2N}}{U_{2N}} = \frac{Q_{KN}}{S_N} = u_{KN} \cdot \sin\varphi_K$





## Deney Bağlantı Şeması:



## İşlem Basamakları

- 1- Deneyde kullanılacak malzemeleri belirleyiniz.
- 2- Deney bağlantı şemasına uygun olarak devreyi kurunuz.
- 3- Öğretim görevlisinin gözetiminde devreye enerji veriniz.
- 4- Ölçü aletlerinden değerleri okuyup, tabloya giriniz.
- 5- Her kademe için ayrı ayrı gerekli ölçümleri yapınız.
- 6- Gerekli hesaplamaları yapınız.
- 7- Deney bağlantılarını söküp, malzemeleri yerlerine koyunuz.

## Deneyde Ölçülen Değerler

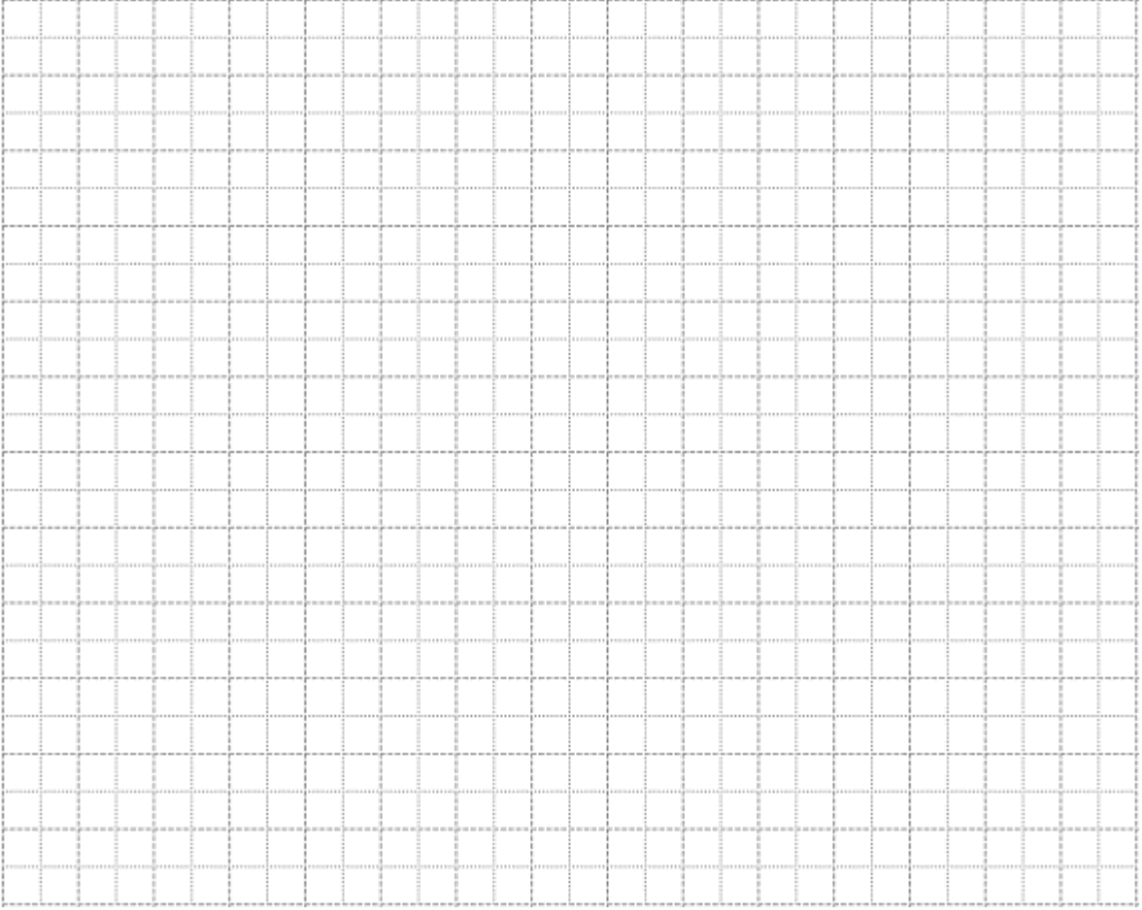
No	$U_{1K}$ (V)	$P_{KN}$ (W)	$I_{1K}$ (A)	$Z_{1K}$ ( $\Omega$ )	$R_{1K}$ ( $\Omega$ )	$X_{1K}$ ( $\Omega$ )	$\cos \varphi_K$	$U_{1RN}$ (V)	$U_{1XN}$ (V)	$u_{KN}$ (%)	$u_{RN}$ (%)	$u_{XN}$ (%)	$I_{2K}$ (A)	$\ddot{u}_N$
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

## Sorular ve Cevaplar

1-Transformatörlerde bakır kaybı yük akımı ile nasıl değişir, açıklayınız?

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

2- Kısa devre karakteristik eğrilerini çizerek yorumlayınız.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

3- Bir transformatörün kısa devre geriliminin küçük veya büyük olmasının anlamı nedir?  
Bunun transformatörün çalışmasına ne gibi etkileri olur?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Deney No : 5

### Deney Adı : Transformatörlerde Polarite Tayini

#### Teorik Bilgi

Polarite, transformatör sargılarında indüklenen gerilimlerin ani yönlerini veya sargı uçlarının işaretlerini belirtir. Sargıların polaritelerinin bilinmesi, transformatörlerin birbirleri ile paralel bağlanmalarında veya çeşitli sargıların kendi aralarında bağlanmalarında büyük kolaylık sağlar. Bir fazlı transformatörlerin paralel bağlanmalarında veya bir fazlı transformatörlerle çok fazlı sistemlerin oluşturulmasında, primer ve sekonder uçlarının belli bir andaki işaretlerinin bilinmesi zorunludur transformatör uçlarının polariteleri dikkate alınmadan yapılacak bağlantılar çok tehlikeli sonuçlara neden olabilir.

Transformatörlerde polaritenin belirlenmesi 3 yolla yapılmaktadır. Bunlar;

- 1- Alternatif akım polarite kontrol metodu
- 2- Osiloskop kullanarak
- 3- Darbe metodu

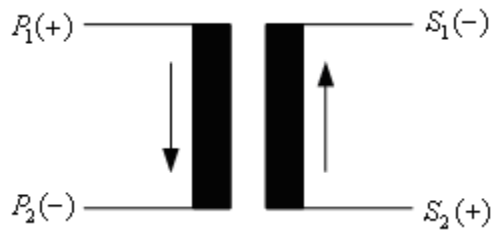
#### Bir fazlı transformatörlerin sargı uçlarının harflendirilmesi

Transformatörlerin sargı uçları, sargıların gerilimine göre farklı harflerle işaretlenir. Genellikle yüksek gerilimli sargılar büyük harflerle belirtilir. Harflerin birbirini izleme sırası, her iki sargının fazlarının birbirini izleme sırasının aynı olmasıdır. Alman normlarına göre sargı uçları için kullanılan harfler, primer için  $P_1$ -  $P_2$  sekonder için  $S_1$  -  $S_2$  şeklindedir.

#### Polaritelerine göre bir fazlı transformatör çeşitleri

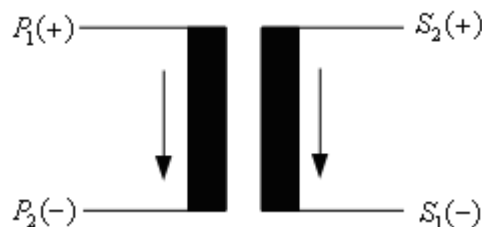
Transformatörlerde sarım yönü şekillerine göre uç işaretleri iki türlü olmaktadır. Buna göre bir fazlı transformatörler ikiye ayrılır. Bunlar:

- 1 — Çıkarmalı (veya eksik) polariteli transformatörler,
- 2 — Toplamalı (veya artı) polariteli transformatörler,



Şekil 5.1 Eksiltmeli(çıkartmalı) polarite

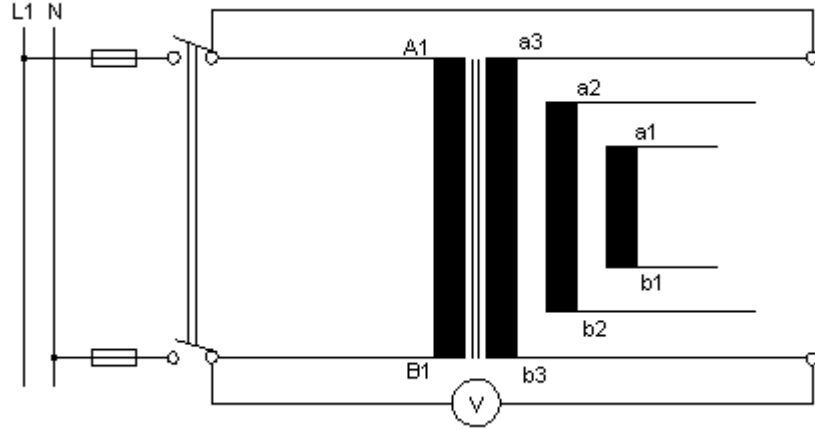
Transformatörün primerin herhangi bir andaki yönü,  $P_1$  ucu (+),  $P_2$  ucu (-) olacak şekilde kutuplaşmış ise, sekonderde indüklenen gerilimin yönü de  $S_2$ 'den  $S_1$ 'e doğrudur. Buna göre  $P_1$ 'in karşındaki ucun  $S_1$   $P_2$ 'nin karşındaki ucun da  $S_2$  olması gerekir. Böyle bir transformatöre, **eksi (çıkarmalı) polariteli transformatör** denir. Birçok transformatör bu şekilde harflendirilmiştir.



## Şekil 5.2 Toplamalı (eklemeli) polarite

Transformatör eklemeli polaritede uçlar Şekil 5.2 'deki gibi bağlanır. Transformatörün eklemeli polaritesinde  $P_1$ 'in karşısında  $S_2$ ,  $P_2$ 'nin karşısında da  $S_1$  bulunursa bu tip transformatörlere **artı (toplamalı) polariteli transformatör** denir. Transformatörlerin artı veya eksi polariteli olması çalışmasını etkilemez.

Bir sargılı transformatörün polaritesinin bulunması ve deney bağlantı şekli



Bir sargılı transformatörün polaritenin bulunması için şekildeki bağlantı yapılır. Transformatörün primer ve sekonder uçlarının yan yana bulunan iki ucu bir iletkenle birleştirilir. Bu durumda transformatörün primerine anma gerilimi uygulanır, primer ve sekonderin boşta kalan iki ucu arasına bağlanan voltmetrede ( $U_1 - U_2$ ) kadar bir gerilim okunursa, bu transformatör eksi polaritelidir. Böyle bir transformatörün harflendirilmesi Şekil 5.1 'deki gibi yapılır. Bu bağlantıda voltmetre ( $U_1 + U_2$ ) kadar bir gerilim gösterirse bu durumda transformatörün harflendirilmesi Şekil 5.2'deki gibi yapılır. Böyle bir transformatörde artı (toplamalı) polariteli transformatör adı verilir. Ölçmede kullanılan voltmetrenin ( $U_1 + U_2$ ) yi ölçebilecek değerde olmasına dikkat etmek gerekir. Yüksek gerilimli transformatörlerde deney, alçak gerilim sargısına küçük bir gerilim uygulanarak yapılmalıdır.

### İşlem Basamakları

- 1- Deneyde kullanılacak malzemeleri belirleyiniz.
- 2- Deney bağlantı şemasına uygun olarak devreyi kurunuz
- 3- Öğretim görevlisinin gözetiminde devreye enerji veriniz.
- 4- Ölçü aletlerinden değerleri okuyup, tabloya giriniz.
- 5- Her sekonder kademesi için ayrı ayrı gerekli ölçümleri yapınız.
- 6- Hesaplamaları yapınız.
- 7- Deney bağlantılarını söküp, malzemeleri yerlerine koyunuz.

### Deneyde Ölçülen Değerler

	U1 (V)	U2 (V)	U (V)	Polarite
A1-B1 a3-b3				
A1-B1 a2-b2				
A1-B1 a1-b1				

### Sorular ve Cevaplar

- 1- Transformatörün polarite tayini için geliştirilen diğer yöntemlerin nasıl uygulandığını açıklayınız.

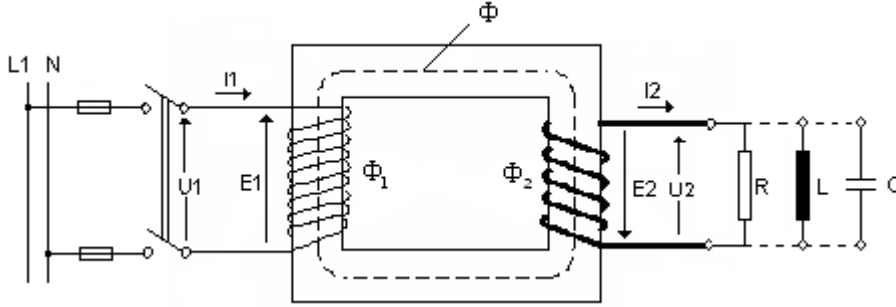




**Deney No : 6**

**Deney Adı : Transformatörlerin Yüklü Çalışması**

### Teorik Bilgi



**Şekil 6.1** Transformatörün yüklü çalışma bağlantı şekli

Yüklü çalışmayı açıklayabilmek için ideal bir transformatörü ele alalım. İdeal transformatörde kaçak akılar dikkate alınmazsa, yüklü çalışma durumu Şekil 6.1'deki gibi gösterilebilir. Şekilde görüldüğü gibi, ikinci devre uçlarına omik bir yük ( endüktif, kapasitif veya karışık olabilir ) bağlıdır. Transformatörün primeri alternatif bir gerilime bağlandığında bu sargıdan geçen akım bir  $\Phi$  akısı oluşturur.  $\Phi$  akısı primer sargılarında, uygulanan gerilime yakın ve ters yönde bir  $E_1$  emk.'i indükler. Sekondere bağlanan yük nedeni ile de bu sargıda bir  $I_2$  akımını dolaşmaya başlar.  $I_2$  akımını sekonder sargılarda kendisini oluşturan  $\Phi$  akısına ters yönde bir  $\Phi_2$  akısı oluşturarak  $\Phi$  yi zayıflatır.  $\Phi$  nin zayıflaması, primerde indüklenen  $E_1$  emk.'ini de etkileyerek küçülmesine neden olur. Bunun sonucu  $U_1$  ile  $E_1$  arasındaki fark artacağı için 1. devreden daha fazla akım geçmeğe başlar. 1. devreden geçen bu fazla akım, ana akı  $\Phi$ 'yi kuvvetlendirecek yönde yeni bir  $\Phi_2$  akısı oluşturur. Böylece  $I_2$  akımının oluşturduğu  $\Phi_2$  akısının ana akıya zıt olan etkisi  $\Phi_1$  akısı ile azalır. Bunun sonucu toplam manyetik akı olan  $\Phi$  akısında bir değişiklik söz konusu olmaz. Yani toplam  $\Phi$  akısı,  $I_1$  ve  $I_2$  akımlarının oluşturacağı alanlarla dengelendiğinden, her zaman sabit değerinde kalır.

Primer devrede indüklenen  $E_1$  emk.'inin, uygulanan  $U_1$  gerilimine ters yönde olmasına karşılık, sekonder devrede endüklenen  $E_2$  emk.'ti, sekonder uç gerilimi  $U_2$  ile aynı yöndedir.  $I_1$  ve  $I_2$  akımları ise pratik olarak birbirinden  $180^\circ$  faz farklıdır. Primer ve sekonder güç katsayıları ise yaklaşık olarak birbirine eşittir.

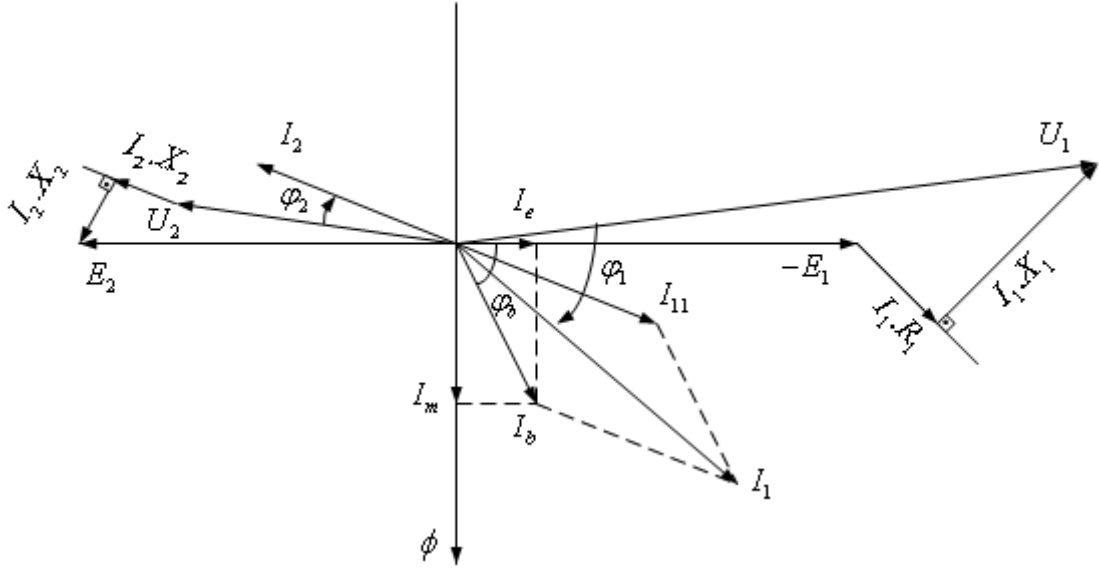
Primer ve sekonder devrelerden geçen akımlar, 2. devreye bağlanan yüke göre değişir. Transformatörlerin sekonderi yüklendiği zaman, primer akımı boş çalışma değerinde kalmaz. Sekonder akımı arttıkça primer akımı da artar. Bu durum, kayıplar dikkate alınmadığı zaman 1. ve 2. devre güçlerinin birbirine eşit olması ile de açıklanabilir.

$$U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\phi_1 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2 \text{ veya } U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

### Vektör Diyagramının Çizilişi:

Transformatörün sekonderinde endüktif bir yük bulunduğunda bu sargıdan geçen akım  $I_2$  ile sekonder gerilimi arasında belirli bir faz açısı ( $\phi_2$ ) oluşur. Akım geriliminden  $\phi_2$  kadar geridedir. Transformatörlerin primerle indüklenen  $E_1$  emk ile sekonderinde indüklenen  $E_2$  emk.'ları ise, aynı  $\Phi$  akısı tarafından oluşturulduğundan aynı fazdadırlar. Ancak vektör diyagramının karışmaması için  $E_1$  emk.'i ( $-E_1$ ) şeklinde  $180^\circ$  faz farklı olarak çizilmiştir. Transformatörün boş çalışma akımı  $I_b$  ise uygulanan gerilimden  $\phi_b$  kadar geridedir. Çünkü bu akım endüktif bir akımdır. Çizim kolaylığı bakımından  $\dot{u} = 1$  ( $E_1 = E_2$ ) olarak alınmıştır.



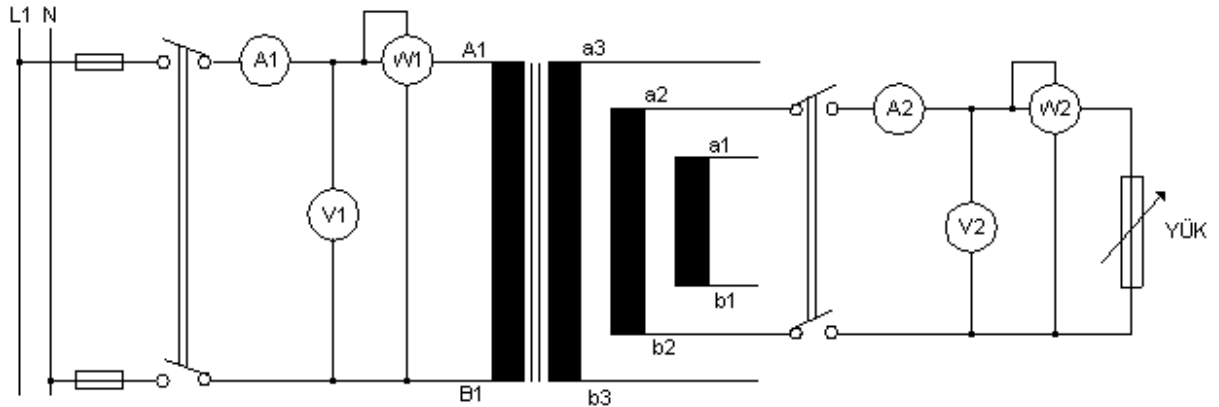


**Şekil 6.2** Endüktif yüklü bir transformatörün vektör diyagramı.

Boş çalışma akımı  $I_b$  ve yük akımı nedeni ile primerden geçen  $I_{11}$  akımlarının vektörel toplamı, şekilde  $I_1$  olarak gösterilmiştir. Primerin omik direncinden dolayı düşen gerilim ( $I_1 \cdot R_1$ ),  $I_1$  ile aynı fazda; kaçak akı reaktansından dolayı düşen ( $I_1 \cdot X_1$ ) endüktif gerilim düşümü ise,  $90^\circ$  ileride çizilerek, uygulanan primer gerilimi  $U_1$  bulunur. Daha sonra da  $U_1$  ile  $I_1$  arasındaki faz açısı işaretlenmelidir. Aynı şekilde sekonderde oluşan  $I_2 \cdot R_2$  omik gerilim düşümü,  $I_2$  ile aynı fazda;  $I_2 \cdot X_2$  endüktif gerilim düşümü ise  $90^\circ$  ileride çizilerek  $E_2$  ye ulaşılır.

Demek oluyor ki, primere uygulanan  $U_1$  geriliminden  $I_1 \cdot R_1$  omik gerilim düşümü ile  $I_1 \cdot X_1$  endüktif gerilim düşümleri vektörel olarak çıkartırsak, primerde endüklenen emk. ini buluruz. Sekonderlerde endüklenen  $E_2$  emk.'inden de  $I_2 \cdot R_2$  omik gerilim düşümü ile  $I_2 \cdot X_2$  endüktif gerilim dönüşümleri vektörel olarak çıkartılırsa, sekonder uç gerilimi olan  $U_2$  gerilimi bulunabilir. Diyagramın iyi anlaşılabilmesi için gerilim düşümleri aslından daha büyük olarak çizilmiştir. Boş akım  $I_b$ , dikkate alınmazsa  $I_{11} = I_2$  olur. Böylece  $I_2 = I_1$  ve  $\phi_1 = \phi_2$  yazılabilir.

### Deney Bağlantı Şeması:



### İşlem Basamakları

- 1- Deneyde kullanılacak malzemeleri belirleyiniz.
- 2- Deney bağlantı şemasına uygun olarak devreyi kurunuz.
- 3- Öğretim görevlisinin gözetiminde devreye enerji veriniz.
- 4- Ölçü aletlerinden değerleri okuyup, tabloya giriniz.
- 5- Her kademe için ayrı ayrı gerekli ölçümleri yapınız.

6- Gerekli hesaplamaları yapınız.

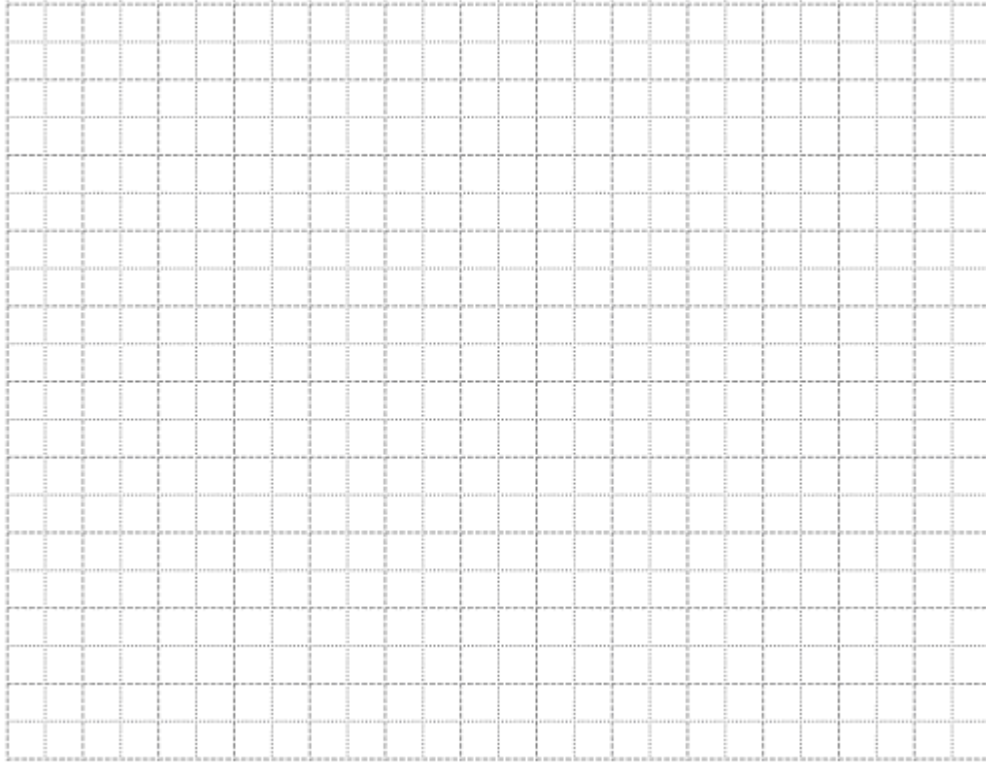
7- Deneý baęlantılarını söküp, malzemeleri yerlerine koyunuz.

### Deneýde Ölçülen Deęerler

Yük	U1 (V)	I1 (A)	P1 (W)	Cos $\phi_1$	U2 (V)	P2 (V)	ü	I2 (A)	Cos $\phi_2$	R1 ( $\Omega$ )	$X_{1v}$ ( $\Omega$ )	$I_2'$ (A)	$X_{2v}'$ ( $\Omega$ )	$R_2'$ ( $\Omega$ )	$I_{1Fe}$ (A)	$I_{1h}$ (A)	$E_1 = E_2$ (V)	$R_{1Fe}$ ( $\Omega$ )	$X_{1h}$ ( $\Omega$ )	
Omik																				
Endüktif																				

### Sorular ve Cevaplar

1- Ölçüm değerlerine göre omik ve endüktif yük vektör diyagramlarını çiziniz.



2- Transformatörün sekonderine yük bağlandığında, sekonderden geçen akımın, primer akımını ne şekilde etkilediğini açıklayınız.

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----





Omik yükte  $\cos\varphi = 1$  olduğundan aynı formül  $\% \text{ Reg} = \frac{I_1 \cdot R_{e1}}{U_{11}} \cdot 100$  şeklinde yazılır.

## 2 - Transformatörlerin Regülasyonlarının Yüklenerek Bulunması:

Bir transformatörün yüklenerek regülasyonunu bulmak büyük güçlü transformatörlerde çok zordur. Çünkü transformatörün anma yüküne eşit yük bulmak her zaman mümkün olmayabilir. Bu nedenle bu metot güçlü transformatörlerde uygulanır. Bunun için transformatörün primerine anma gerilimi uygulanır. Sekonderin boştaki gerilimi  $U_{20}$  ölçülür. Daha sonra transformatör anma yükü ile yüklenerek sekonder çıkış gerilimi  $U_2$  ölçülür. Deney sırasında  $U_1$  primer geriliminin sabit tutulmasına dikkat etmek gerekir. Ölçülen değerlere göre regülasyon,

$$\% \text{ Reg} = \frac{U_{20} - U_2}{U_2} \cdot 100 \text{ Şeklinde bulunur.}$$

### Verim

Transformatörlerde verim bildiğimiz formülle alınan gücün verilen güce oranıyla bulunmaktadır. Buna göre verim  $\eta = P_A / P_V$  bazı yerlerde  $\eta = P_2 / P_1$  eşitliğiyle hesaplanır.

Transformatörde demir kayıpları ve bakır kayıpları olmak üzere temel iki kayıp söz konusudur. Hareket eden parçası olmadığından sürtünme ve rüzgar kayıpları söz konusu değildir. Kayıplar nedeniyle  $P_V > P_A$  transformatöre verilen güç alınan güçten daha büyüktür. Verim en yüksek elektrik makinesidir. Transformatörlerin güçleri büyüdükçe verimleri de artar.

Transformatörlerin verimleri yükü ile değişir. Demir kayıpları boşta ve her çeşit yükte aynı kalmasına rağmen, bakır kayıpları yüke göre değiştiğinden transformatörün verimi de yüke göre değişmektedir. Bir transformatörün verimi, transformatör tam yük veya tam yüke yakın yüklerde çalıştığı zaman büyük olur. Güç transformatörlerinde en büyük verim, bakır kayıplarının demir kayıplarına eşit olduğu durumda görülür. Bu nedenle transformatör yapılırken bu özelliğin dikkate alınması büyük faydalar sağlar.

Transformatördeki toplam kayıplar  $P_{tk} = P_b + P_{cu}$

$$\eta = \frac{P_A}{P_V} = \frac{P_A}{P_A + P_{tk}} \quad \text{veya} \quad \eta = \frac{P_V - P_{tk}}{P_V} ; \text{ olur. } (P_{cu} = P_K \text{ dir.})$$

$$\eta = \frac{U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2}{U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2 + P_b + I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2} \text{ şeklinde de belirtilir.}$$

$I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 = I_1^2 \cdot R_{e1} = I_2^2 \cdot R_{e2}$  olduğundan verim;

$$\eta = \frac{U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2}{U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2 + P_b + I_2^2 \cdot R_{e2}} = \frac{P_A}{P_A + P_0 + I_2^2 \cdot R_{e2}} \text{ olur.}$$

Verim için çok değişik formüller vardır. Bunlar, verilen değerlere göre seçilerek kullanılmalıdır. Bazıları da kısaltılarak değerlendirilir. Alınan güç ve toplam kayıplar cinsinden verimi, aşağıdaki şekilde de belirtebiliriz.

$$\eta = P_A / P_V = (P_V - P_{tk}) / P_V = 1 - (P_{tk} / P_V) = 1 - P_{tk} / (P_A + P_{tk})$$

Herhangi bir yükteki transformatörün verimi x yükleme oranı olmak üzere

$$x = \frac{I_{1x}}{I_{1N}} = \frac{I_{2x}}{I_{2N}} = \frac{S_x}{S_N} \Rightarrow \eta = \frac{x \cdot S_{2N} \cdot \cos\varphi_2}{x \cdot S_{2N} \cdot \cos\varphi_2 + P_0 + x^2 \cdot P_{CuN}}$$

Transformatörlerin verimleri için şu özetlemeyi yapabiliriz.

- Demir kaybı transformatörün anma yükünde, bakır kaybına eşit olursa, transformatörün verimi anma yükünde en büyük olur.
- Demir kaybı, anma yükünde bakır kaybından daha küçük ise, transformatörün verimi, anma yükünün altındaki bir yükte en büyük değerindedir.
- Demir kaybı, anma yükünde bakır kaybından büyük ise, transformatörün verimi, anma yükünün üzerindeki 'bir yükte en büyük değerindedir.

#### Verimin bulunması:

Transformatörlerde verim iki şekilde bulunur. Bunlar:

- Direkt metotla verimin bulunması

Bu metot daha çok küçük güçlü transformatörlerde uygulanır. Sekonder yükü sıfırdan başlanarak nominal yüke kadar yavaş yavaş artırılır. Her yükte primer ve sekondere bağlı olan wattmetrelerden okunan değerler oranlanarak,  $\eta = P_2 / P_1$  şeklinde verim bulunur. Direkt metotla verimin bulunması deneyinde kullanılan aletlerin duyarlılıkları yüksek olmalıdır. Çünkü kayıpların küçük olması, sonuçları etkileyebilir.

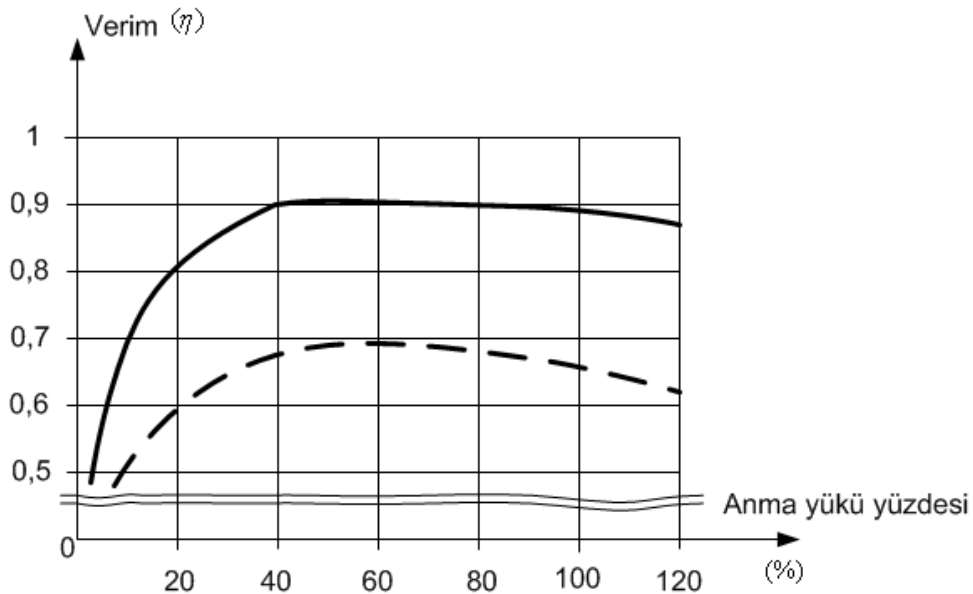
- Endirekt metotla verinin bulunması

Endirekt metotla verimin bulunması, büyük güçlü transformatörlerde uygulanır. Bunun için boş çalışma deneyi ile kısa devre deneyi yapılır. Bundan sonra

$$P_{tk} = P_o + P_{Cu} \Rightarrow \eta = P_A / (P_A + P_{tk})$$

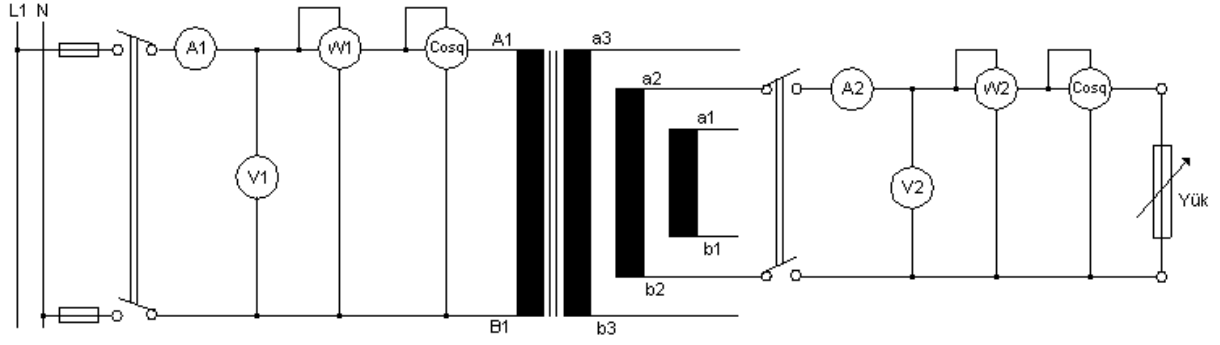
şeklinde verim bulunur.

Görüldüğü gibi güç katsayısı  $\cos\phi$  küçüldükçe, transformatörün verimi de azalmaktadır.



**Şekil 7.2** Bir Transformatörün çeşitli yük ve güç katsayısındaki verimin değişimi

## Deneyin Bağlantı Şeması:



## Deneyde Ölçülen Değerler

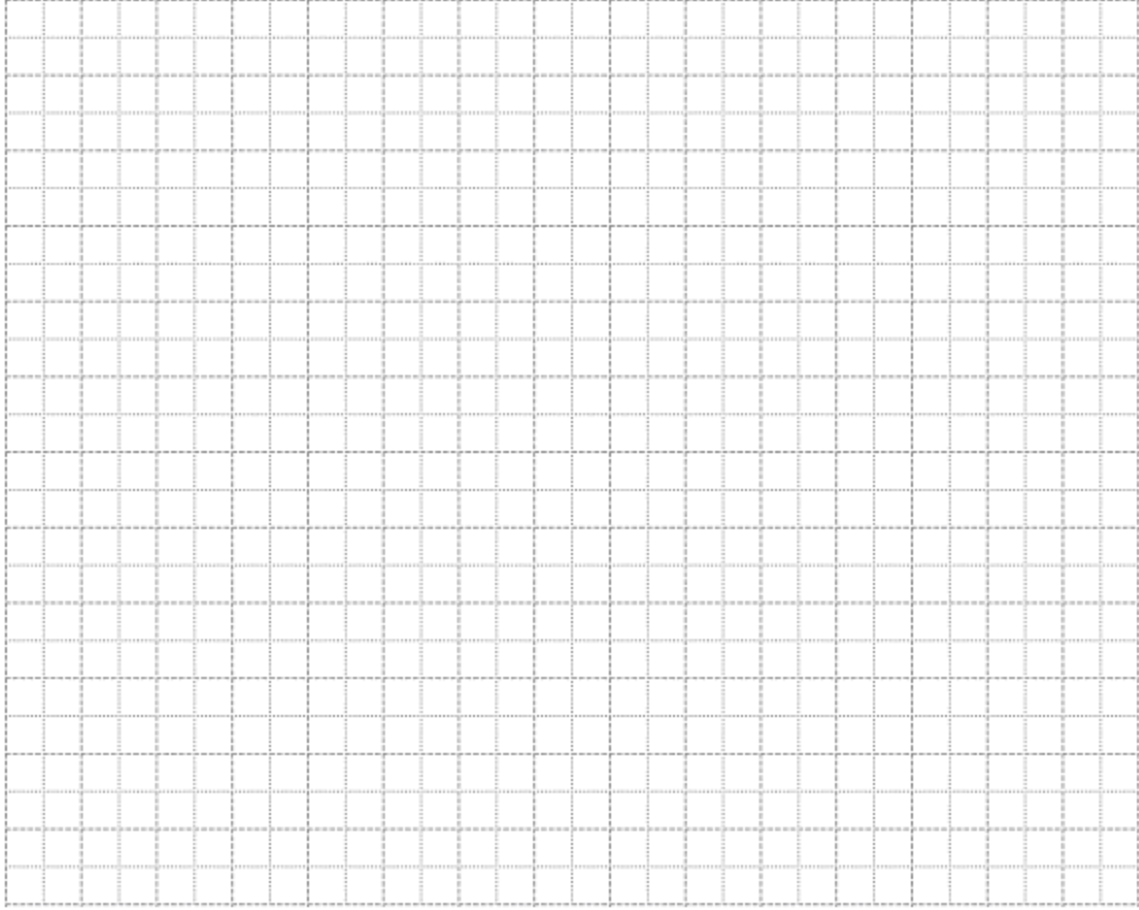
No	$U_1$ (V)	$I_1$ (A)	$P_1$ (W)	$\cos \phi_1$	$U_2$ (V)	$P_2$ (W)	$I_2$ (A)	$\cos \phi_2$	$I_{2N}$ (A)	$x$	$\eta$ (%)	$P_K$ (W)
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

## İşlem Basamakları

- 1- Deneyde kullanılacak malzemeleri belirleyiniz.
- 2- Deney bağlantı şemasına uygun olarak devreyi kurunuz.
- 3- Öğretim görevlisinin gözetiminde devreye enerji veriniz.
- 4- Ölçü aletlerinden değerleri okuyup, tabloya giriniz.
- 5- Gerekli hesaplamaları yapınız.
- 6- Deney bağlantılarını söküp, malzemeleri yerlerine koyunuz.

## Sorular ve Cevaplar

- 1- Yaptığınız deneyden aldığınız sonuçlarla  $\eta = f(P_1)$ ,  $U_2 = f(P_1)$ ,  $\cos \phi_1 = f(P_1)$ ,  $I_1 = f(P_1)$  değişim eğrilerini çiziniz ve eğrilerin niçin bu şekilde çıktığını yorumlayınız.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**2-** Deneyini yaptığınız transformatörün regülasyonunu ve regülasyon yüzdesini hesaplayınız.

**3-** Omik, endüktif ve kapasitif yüklerde regülasyonun farklı olmasının sebepleri nelerdir.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





**Deney No:** 8

**Deneyin Adı :** Bir Fazlı Transformatörlerin Paralel Bağlanması

**Teorik Bilgi :**

Elektrik santrallerinde, transformatör merkezlerinde ve postalarında genel olarak birden fazla transformatör bulundurulur. Bu transformatörlerin besledikleri yüklerde bir artma olursa, transformatörler paralel bağlanarak artan yükü karşılamaları sağlanır. Yük azaldığında paralel çalışan transformatörlerden bazıları devreden çıkartılarak en verimli çalışmaya doğru gidilir. Birden fazla olarak bulundurulan transformatörlerin ayrıca bir faydası daha vardır. İşletmedeki transformatör arıza yapar veya bakım gerektirirse yedekteki transformatörler beslemenin sürekliliğini sağlarlar. Böylece transformatörlerin arızalanma veya bakım sırasında enerji kesintisi büyük ölçüde azaltılmış olur. Şebeke yükü birkaç transformatör tarafından sağlandığından, yedek transformatör bulundurmak zorunluluğu da ortadan kaldırılmış olur.

Elektrik şebekelerinde transformatörlerin paralel çalıştırılması çok karşılaşılan bir uygulamadır. Aynı yerde bulunan transformatörler ortak bir bara sistemi ile, birbirinden uzakta bulunan transformatörler ise enterkonnekte bir sistem yardımı ile paralel bağlanırlar.

#### Transformatörlerin paralel çalışmasında istenen koşullar

- 1 - Paralel çalışan transformatörlerin boшта, sekonder sargılarından akım geçmemelidir.
- 2 - Paralel çalışan transformatörlerin üzerindeki yükleri, güçleri ile orantılı olmalıdır.
- 3 - Paralel çalışan transformatörlerin sekonder akımları, dolayısı ile toplam yük akımı aynı fazda olmalıdır.
- 4 - Paralel çalışan transformatörlerin kutuplaşmaları aynı olmalıdır.

#### Transformatörlerin Paralel Bağlanma Koşulları:

- 1- Paralel bağlanacak transformatörlerin primer ve sekonder gerilimleri boшта birbirine eşit olmalıdır. (Transformatörlerin dönüştürme oranları birbirine eşit olmalıdır.)
- 2- Paralel bağlanacak transformatörlerin anma yükündeki kısa devre gerilimleri ( $u_K$ ) birbirine eşit veya çok yakın olmalıdır. (% 10 dan fazla farka izin verilmez.)
- 3- Paralel bağlanacak transformatörlerin güçleri birbirine eşit veya güçleri oranı 1/3 ten küçük olmamalıdır.
- 4- Paralel bağlantıyı gerçekleştirmek için, transformatörlerin sekonder sargıların aynı polaritedeki uçları birbirine bağlanmalıdır.

5-Paralel bağlanacak transformatörler eğer üç fazlı ise bağlantı grupları aynı olmalıdır.

Kısa devre gerilimlerinin eşit olması, paralel çalışan transformatörler arasında, yükün transformatörlerin güçleri oranında dağılmasını sağlar. Paralel çalışan transformatörlerin üzerlerine aralarındaki yük, kısa devre gerilimleri ile ters orantılıdır. Buna göre kısa devre gerilimi küçük olan transformatör daha fazla yüklenir. Bilindiği gibi kısa devre gerilimleri arasında %10 farka kadar izin verilebilmektedir.

#### Paralel çalışan transformatörlerde yük dağılımı

$S_1, S_2, \dots$  Transformatörlerin görünür gücü (kVA)

$S_y$ , Dış devre (veya bara) yükü (kVA)

$u_k$ , Kısa devre gerilimi yüzdesi (%)

Transformatörün yük dağılımı 
$$\frac{S_y}{u_k} = \frac{S_1}{u_{k1}} + \frac{S_2}{u_{k2}} + \dots + \frac{S_n}{u_{kn}} \Rightarrow u_k = \frac{S_y}{\frac{S_1}{u_{k1}} + \frac{S_2}{u_{k2}} + \dots + \frac{S_n}{u_{kn}}}$$

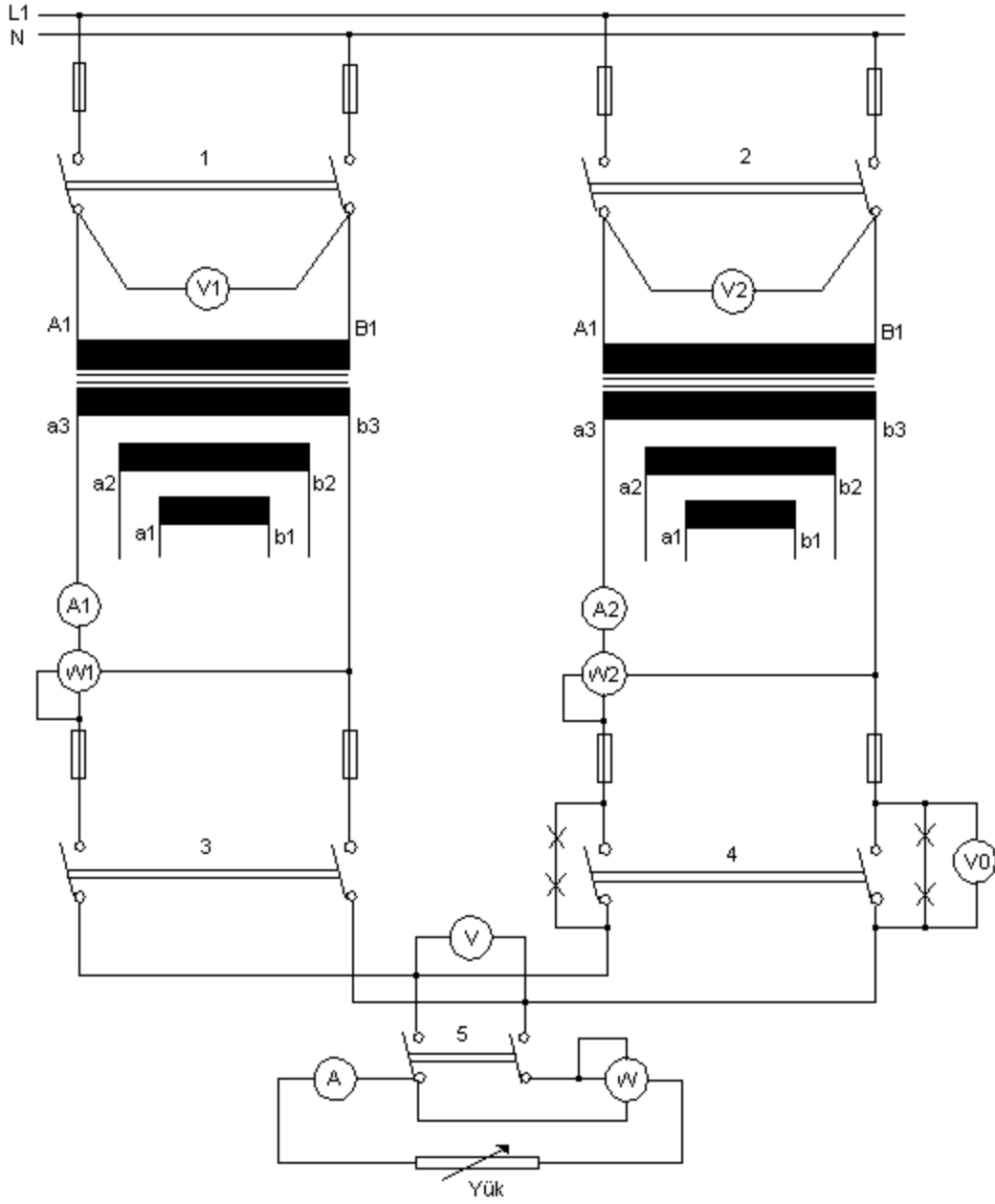
$$\frac{S_{1x}}{u_{k1}} = \frac{S_y}{u_k} \Rightarrow S_{1x} = \frac{u_{k1}}{u_k} \cdot S_y \quad S_{2x} = \frac{u_{k2}}{u_k} \cdot S_y \quad S_{nx} = \frac{u_{kn}}{u_k} \cdot S_y \quad S_y = S_{1x} + S_{2x} + \dots + S_{nx}$$

#### **İşlem Basamakları**

- 1- Deneyde kullanılacak malzemeleri belirleyiniz.
- 2- Deney bağlantı şemasına uygun olarak devreyi kurunuz.
- 3- Öğretim görevlisinin gözetiminde devreye enerji veriniz.
- 4- Ölçü aletlerinden değerleri okuyup, tabloya giriniz.
- 5- Deney bağlantılarını söküp, malzemeleri yerlerine koyunuz.



## Deneyin Bağlantı Şekli:



## Sorular ve Cevaplar

1- Transformatörler niçin paralel bağlanır?

---

---

---

---

---

---

---

---





## 9-ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORLAR :

Üç fazlı asenkron motorlar; magnetik alan içinde bulunan ve içinden akım geçen bir iletkende meydana gelen kuvvet prensibine göre çalışır.Yapılarının basit,maliyetinin ucuz bakım-onarımlarına az gereksinim duyulan, endüstride en çok kullanılan endüstriyel tah-rık elamanıdır.Bu motorlar rotorunun yapısına göre ;

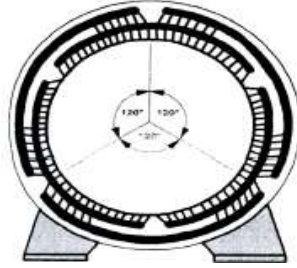
\*kısa devre çubuklu rotorlu

Sincap kafesli rotorlu motorlar olarak adlandırılır.

### 9.1 Motorun Yapısı :

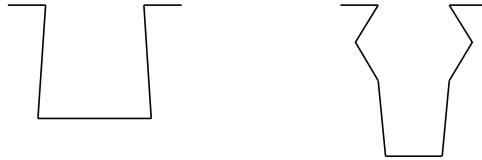
Asenkron motorlar genellikle iki kısımdan oluşur; Sabit duran kısım STATOR, stator içinde dönen kısımda ROTOR denir.Bunların dışında kapak, yataklar ve havlandırma parçalarından oluşur.

Stator: Asenkron motorlarda stator döner manyetik alanın oluştuğu yerdir.Oluklu silisli sacların preslenerek yapılip dış kısmına sac, demir veya dökümden yapılmış göv-deden oluşur.Üç faz sargıları şalter olukları içerisine  $120^\circ$ 'lik elektriki açı ile yerleştiril-miştir.Her faza ait grup sargı uçları gövde üzerine monte edilen klemens kutusuna çıkartılmıştır.

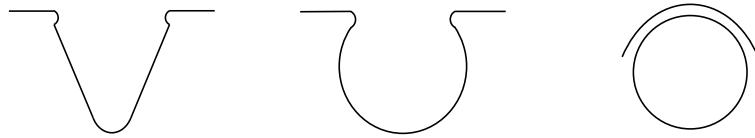


Şekil- 9.1 : Asenkron motoru statoru ve sargı yerlesimi .

Stator olukları motor güç ve yapılarına göre çeşitli şekillerde yapılır.Bazı durumlarda stator manyetik nüvesi gövde olarak ta kullanılır.



Açık tip stator sargıları  
Büyük güçlü motorlarda kullanılır.



Yarı açık tip stator olukları

Kapalı tip stator olukları

Küçük güçlü motorlarda kullanılır.

Sekil 9.2 : Stator oluk tipleri

Rotor: Asenkron motorlarda rotorun (manyetik nüvesi) yapılışı stator gibi oluklu sac pa-ketin mil üzerine preslenerek meydana gelir.Bu oluklar içinde alüminyum-bakır iletken çubuktan olup alınıları kısa devre halkaları ile birbirine bağlı olup alüminyum dökümdendir.

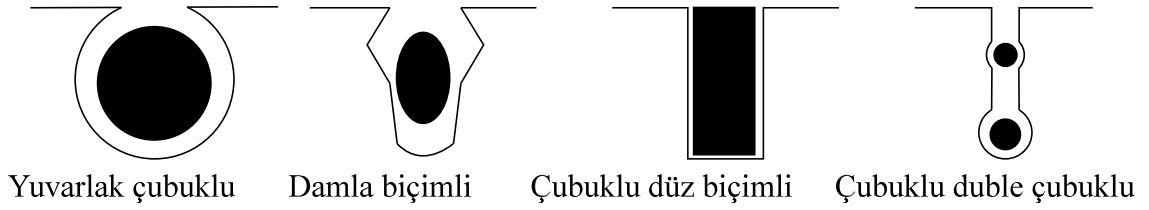


Oluklardaki çubuklar ve kısa devre halkaları birbiriyle kafes oluşturacak şekilde rotor sar-gılarını meydana getirir.Rotor oluklarındaki çubukların eğimli olarak yapılması dönmenin eşit ölçüde olmasını sağlar.Kısa devre halkaları genellikle havalandırma kanatları ile bir-likte motor soğutmada kullanılır.Değişik şekillerde yapılan rotor olukları ve rotor içindeki çubuklar motor momenti-kalkınma momenti ve motor özelliklerini direkt etkiler.

Rotorlar ;

Kısa devre (sincap kafesli) rotor,  
Sargılı (bilezikli) rotor olarak iki türdedir.

Rotor oluk yapıları ve özellikleri şunlardır.



Şekil- 9.3 : Rotor çubuk biçimi ve kesiti

Yuvarlak çubuklu rotor:Çekme momenti çok düşük nominal devrinde dönme momenti yüksektir.

Damla biçimli çubuklu rotor:Küçük güçlü motorlarda kullanılır.Çekme momenti normal kalkınma akımı düşüktür.

Düz biçimli çubuklu rotor: Büyük güçlü motorlarda kullanılır.Tam yük altında kalkınma özellikleri iyidir.

Duple çubuklu rotor: Çekme kuvveti çok yüksektir.Kalkınma ve nominal akım oranları iyidir.Ayrıca akı yoğunluğu etkisi neticesinde kalkınma momenti yüksek olup, kalkınma akımı düşüktür.



Şekil- 9.4 : Kısa devre çubuklu rotor.

9.2 Döner alan – Devir sayısı :

Asenkron motorların statorlarındaki sargılara iki-üç faz uygulanarak döner. Manyetik alan elde edilir.Bunun için her bir faza ait sargılar stator oyuklarına 120°'lik açı ile yerleştirilir.

Bu sargılara uygulanan akımlar arasında 120° faz farkı olur ise (Üç fazlı alternatif akım) statorun iç yüzünde hareket eden döner manyetik alan meydana gelir. Bu döner alanın hızı, statorun kutup sayısına ve uygulanan akımın frekansına bağlıdır. Bu döner alan senkron devir sayısı  $n_s$  veya döner alan devir sayısı  $n_o$  olarak adlandırılır.

$$n_o = \frac{120.f}{2P} \quad \text{veya} \quad n_s = \frac{120.f}{2P}$$

$n_o, n_s$ : Senkron devir sayısı , döner alan devir sayısı, f:

Frekans,

2P: Tek kutup sayısı, veya ;

$$n_o = \frac{60.f}{P} \quad \text{veya} \quad n_s = \frac{60.f}{P}$$

P: Çift kutup sayısı

### 9.3 . Dönme momenti–Kayma :

Asenkron motorlarda stator döner alanının döndüğü hıza  $n_s$  ( $n_o$ ) senkron hız denir. Rotor hiçbir zaman senkron hızla dönmez. Çünkü stator döner alanı ile rotor çubukları aynı doğrultuda olacağından rotor, iletken çubukları stator alanı tarafından kesilmeyecek rotor çubuklarında EMK indüklenmeyecek ve dolayısıyla moment meydana gelmeyecek-tir. Bu nedenle rotor hızı senkron hızdan geride kalacaktır. Rotor üzerinde hiçbir yük olma-sa dahi rotorun yenmesi gereken elektriki–mekanik (sürtünme) dirençleri sıfır olmayacağından rotorda az da olsa bir yük vardır. Bundan dolayı rotor döner alanın hızından daha küçük hızda dönmek zorundadır.

Stator sargısında meydana gelen döner manyetik alan senkron hızla dönerken rotor iletkenlerini (Bakır–alüminyum çubuklar) keser ve sincap kafesli (kısa devre çubuklu) rotorda gerilim indüklenir. İndüklenen gerilim rotor çubuklarından geçirdiği akım rotor manyetik alanını meydana getirir. Stator–rotor alanlarının birbirine etkisi sonucu rotor stator alanı yönünde döner.

Motor miline yük uygulandığında rotor hızı düşer. Bu durumda stator alanı rotor çubuk-larını (iletkenlerini) daha fazla keser, rotorda endüklenen gerilim–akım artar. Bu da dönme momentini artırır. Üç fazlı asenkron motorda senkron hızla rotor hızı arasında bir fark (kayma) olursa dönme momenti oluşur.

Kayma: Senkron hızla ( $n_s - n_o$ ) , rotor hızı ( $n$ ) arasındaki farka kayma denir.

Devir cinsinden kayma :  $S = n_s - n$  veya  $S = n_o - n$

Yüzde cinsinden kayma :  $\% S = \frac{S}{n_s} \cdot 100$  veya  $\% S = \frac{S}{n_o} \cdot 100$

$$\frac{n_o - n}{n_o}$$

Rotorda indüklenen gerilimin frekansı:  $f_2 = S \cdot f_1$  dir.  $f_2$ :

Rotorda indüklenen gerilimin frekansı

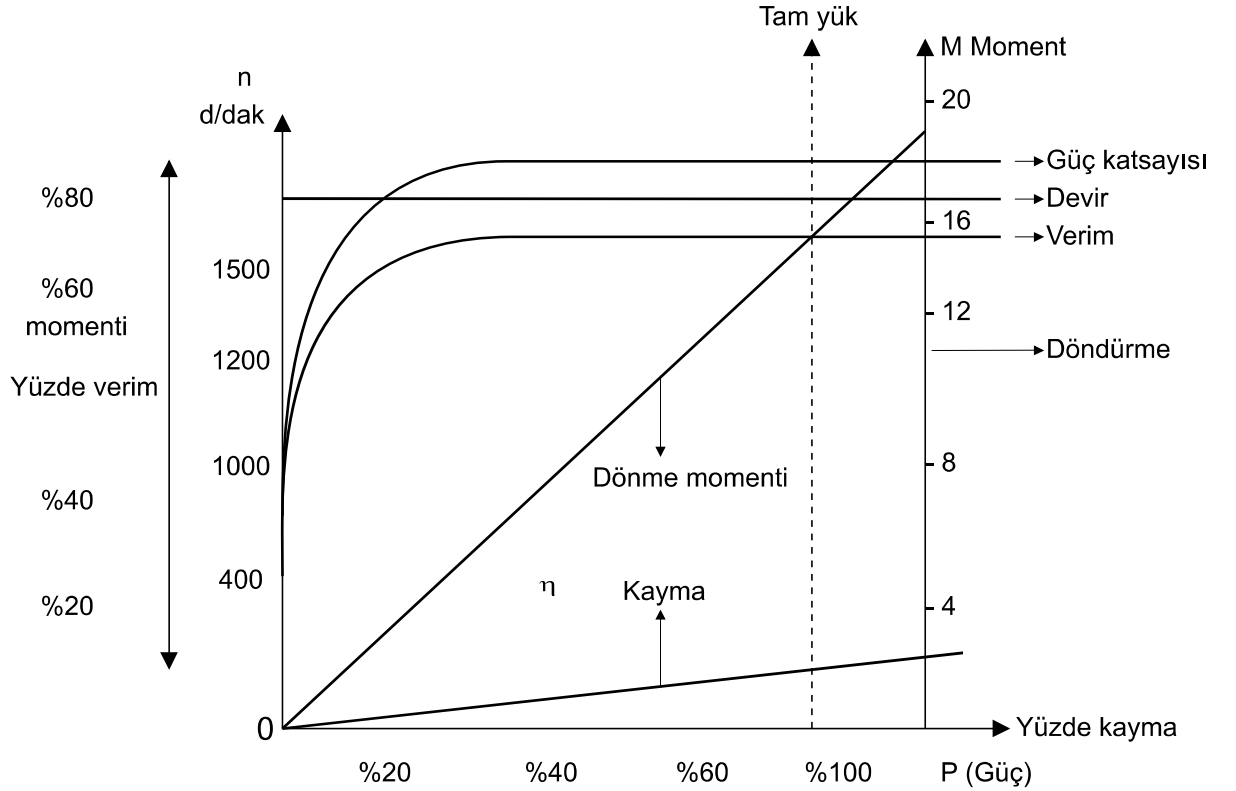
$f_1$ : Statora uygulanan gerilim frekansı

S: Kayma

#### 9. 4 Asenkron motorun çalışma karakteristiği :

Üç fazlı sincap kafesli asenkron motorlar boş çalışma ve tam yükte çalışmada yaklaşık olarak sabit hızla çalışırlar. Rotor empedansı çok küçük olduğundan (Bakır–alüminyum çubuk) küçük bir hız değişimi ile rotor akımı artar, gerekli dönme momenti elde edilerek yük karşılanır. Boş çalışmada kayma %1'den küçük, tam yükte ise %2-%5 arasında değişim gösterir. Bu nedenle asenkron motorlar sabit hızlı motorlar olarak adlandırılır.

Asenkron motorlarda verim, küçük güçlerde düşüktür. Yük arttıkça verim artar. Yükün %75 ile %100 arasında maksimum değerine ulaşır.



Şekil- 9.5: Sincap kafesli asenkron motorun çalışma karakteristiği eğrisi.

Asenkron motorlarda kayıplar; sabit kayıplar ve bakır kayıplarından meydana gelir. Sabit kayıplar: Sürtünme, hava ve demir kayıpları olup bütün yüklerde sabittirler. Bakır kayıpları ise motor sargılarındaki  $I \cdot R$ 'dir. Buda sargılardan geçen akım arttıkça bakır kayıpları da artar. Küçük yüklerde giriş gücünün büyük bir kısmını sabit kayıplar tuttuğundan verim düşer. Büyük yüklerde (tam yükte) ise sabit kayıplar küçük bir kısmını teşkil ettiğinden motor verimi artar. Yük motorun nominal değerini aşarsa bakır kayıpları hızla artarak verim düşer.

$$\eta = \frac{\text{Çıkış gücü}}{\text{Giriş gücü}} \cdot 100 \quad \text{veya} \quad \eta = \frac{\text{Giriş gücü} - (\text{Sabit kyp.} + \text{bakır kyp.})}{\text{Giriş gücü}} \cdot 100$$

Asenkron motorlarda kayma küçük, hız regülasyonu mükemmeldir.

## 9.5 Asenkron Motor Bağlantı Uçları :

Üç fazlı asenkron motorlarda stator sargıları motor klemensine her faz gurubu için ayrı ayrı çıkartılır.Faz gurupları içindeki bağlantılar içerde (stator sargılarında) yapılırlar.

Sargı uçları :

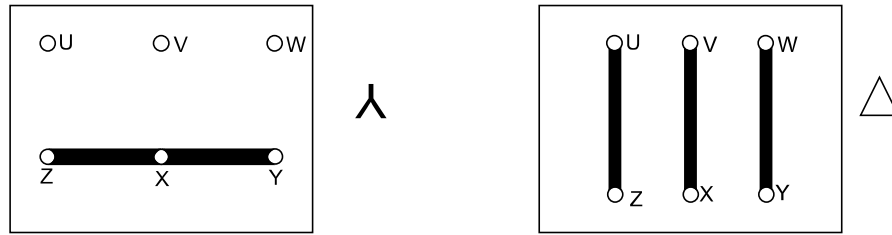
Birinci faz =>  $U_1 - U'_2$  veya  $U - X$

İkinci faz =>  $V_1 - V'_2$  veya  $V - Y$

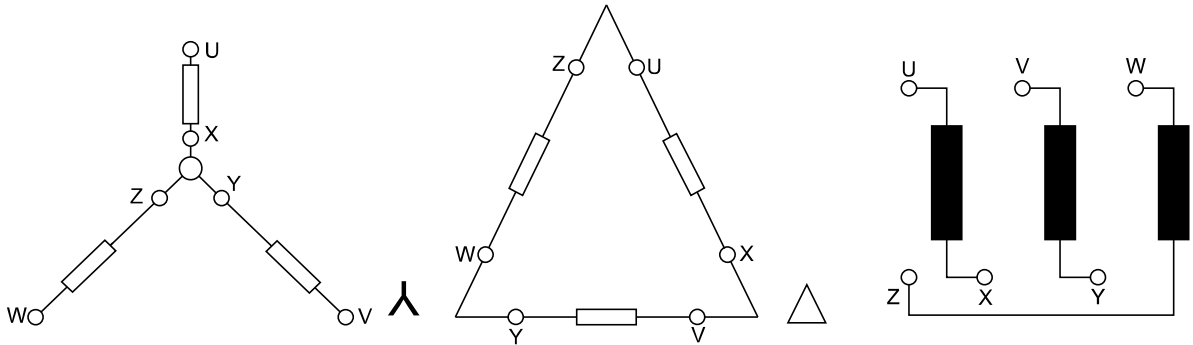
Üçüncü faz =>  $W_1 - W'_2$  veya  $W - Z$

Tanımlamalar :

Üç fazlı asenkron motorun sargıları yıldız-üçgen (  $\star$  ,  $\Delta$  ) devre olarak bağlanırlar.



Motor klemens bağlantısı



Motor klemensine uçlarına çıkarılması

Şekil- 9.6: Üç fazlı asenkron motorun bağlantıları

Asenkron motorlarda yıldız devrede dönme momenti-akım değerleri üçgen devrenin üçte biri kadardır. Motorların r bağlanma koşulu şebeke gerilimi ve motor etiketine göre belirlenir.

## 9.6 Üç fazlı asenkron motorda kalkınma ve yol verme :

Kısa devre rotorlu asenkron motorlar ilk anda (rotor durduğu için) sekonderi kısa devre edilmiş trafoya benzerler.Bu nedenle kalkınma anında nominal akım değerlerinin 4-6 katı kadar fazla akım çekerler.Bu durum bağlı buldukları şebekelerde akım dalgalan-maları ve gerilim düşümlerine (kısa bir süre için) sebebiyet verirler.Bu da aynı şebekeden beslenen diğer elemanların etkilenmesine sebep olur.Motorların kalkınma anındaki çek-tikleri yüksek akımlar kısa süreli (3-5 saniye) olduğu için kendi sargılarına zarar vermez-ler.Kısa sürede motorun normal devrine ulaşmasıyla kalkınmada çekilen yüksek akım nominal değerine çekilir.

Küçük güçlü asenkron motorların kalkınma akımları şebekeyi fazla etkilemediği için yol verme sistemlerine gerek duyulmaz.4 KW (HP) ‘tan küçük güçlü ve yüksek reaktanslı motorlara direkt yol verilir.Bunun dışındaki motorlara kalkınma anında düşük gerilim uygulayarak yol verilir.Uygulanan gerilim düşük olunca kalkınma momenti ve motor gücü de düşük olur.

Asenkron Motorlara yol verme metotlar :

- I. Direkt yol verme ;  
4 KW’ tan küçük güçlü ve yüksek reaktanslı motorlara
- II. Düşük gerilimle yol verme ;  
4 KW’ tan büyük güçlü motorlara şu usullerle yol verilir ;
  - a. Seri dirençle yol verme,
  - b. Seri reaktansla yol verme,
  - c. Oto trafosuyla yol verme,
  - d. Yıldız–üçgen şalterlerle yol verme.
- III. Invertör (frekans değiştirerek yol vericiler) ;
- IV. Soft-start (yumuşak yol vericiler)

Günümüzde çok amaçlı kullanım olarak A.C. Motor kontrolcüsüyle yapılmaktadır. Asenkron motorların kalkınma ve yol verme sistemlerinde motorun bağlanacağı şebeke gerilim değeri ve motor etiketi değerlerinin uygulanacak yol verme sisteminde önemli bir etkidir.Dikkatli incelenmesi gerekmektedir.

15. 7 Üç Fazlı Asenkron Motorların Frenlenmesi :

Üç fazlı asenkron motorların endüstriyel çalışmalarda buldukları koşul itibari ile yük-lü olsalar dahi ani durdurulmaları, diğer bir deyişle frenlenmeleri gerekmektedir.Bu ne-denle asenkron motorlarda mekanik veya elektriksel olarak durdurulması veya frenlen-mesi yapılır.Bunlar ;

I. Mekanik frenleme ;

Balatalı frenleme: Asenkron motoru durdurmak için enerjisi kesildikten sonra aynı anda motor mili balata sistemiyle sıkıştırılarak çeşitli usullerde durdurulmuş-frenlenmiş olur.

II. Elektriksel frenleme ;

Generatörle frenleme: Motor miline akuple generatör motor enerjisi kesildikten hemen sonra yüklenerek durdurulmasıdır.

Ani durdurma: Motor enerjisi kesildikten sonra ters yönde akım verilir.Böylece motor ters yönde dönmek isteyecek dolayısıyla duracaktır.Bu sistem şalter veya kumanda sis-temiyle yapılır.

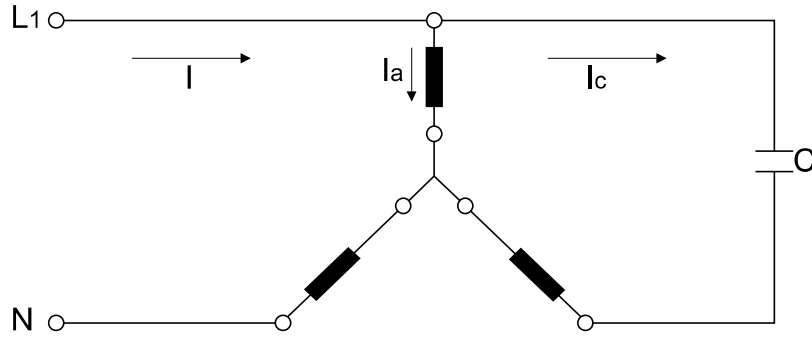
III. Dinamik frenleme ;

Asenkron (endüksiyon ) motorlarda dinamik frenleme ile durdurulur.Durdurma butonu-na basılınca motor devre dışı kalır.Bu anda stator sargılarına D.C. gerilim tatbik edilir. (kısa bir süre için) Stator sargılarında doğru akımın etkisiyle manyetik alan oluşur.Bu alan içinde dönen rotordan büyük akımlar geçer.Stator, rotor akımının etkisiyle motor frenlenir–durur.Bu sistem için şalter (manyetik) ve kumanda sistemi kullanılır.

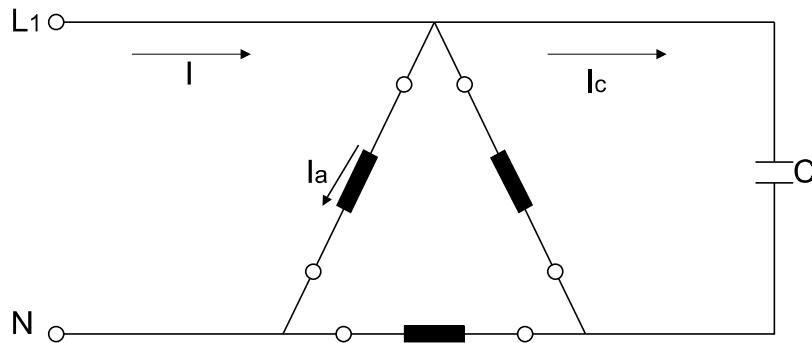
\*Invertör kullanımında da fren modülü kullanılır.

## 9.8 Üç Fazlı Asenkron Motorun Tek Fazlı Şebekede Kullanılması :

Üç fazlı  $\lambda/r$  bağlı asenkron motorların gerek duyulduğunda bir fazlı şebekelerde çalıştırılmak istenirse, her iki bağlantıda da bir faz gurubu bobinlere paralel bir kondansatör bağlanır. Kondansatör bir fazlı devrede kalkınmasını ve çalışmasını sağlar. Motor sargılarından geçen akımla ( $I_a$ ), kondansatör üzerinden geçen akım ( $I_c$ ) akımı arasında faz farkı olduğundan döndürme momenti oluşturur. Yani stator sargılarında tek fazla ve kondansatör yardımı ile geçen akımlar arasındaki faz farkı nedeniyle döner alan meydana getirir. Üç fazlı asenkron motorun bu usulde tek fazlı şebekede çalışmasında motor gücü üç fazlı beslemeye göre %40-%45 oranında düşer. Bir fazlı 220-230 volt şebekede kullanılan kondansatör değeri KW başına 70 mF olarak hesaplanır. Bu uygulamada 230 V'luk devamlı devrede kalacak yağlı, kağıt yalıtkanlı kondansatörler tercih edilir. Kalkınma momentini yükseltmek için ikinci kondansatör yol alma süresince kullanılır. Kısa süre devre-de kalacak elektrolitik kondansatörler tercih edilir.



Yıldız bağlı asenkron motorun tek fazlı şebekede kondansatörlerle çalışması



Üçgen bağlı asenkron motorun tek fazlı şebekede kondansatörle çalışması

Şekil- 9.7: Üç fazlı asenkron motorun tek fazlı şebekede çalışması

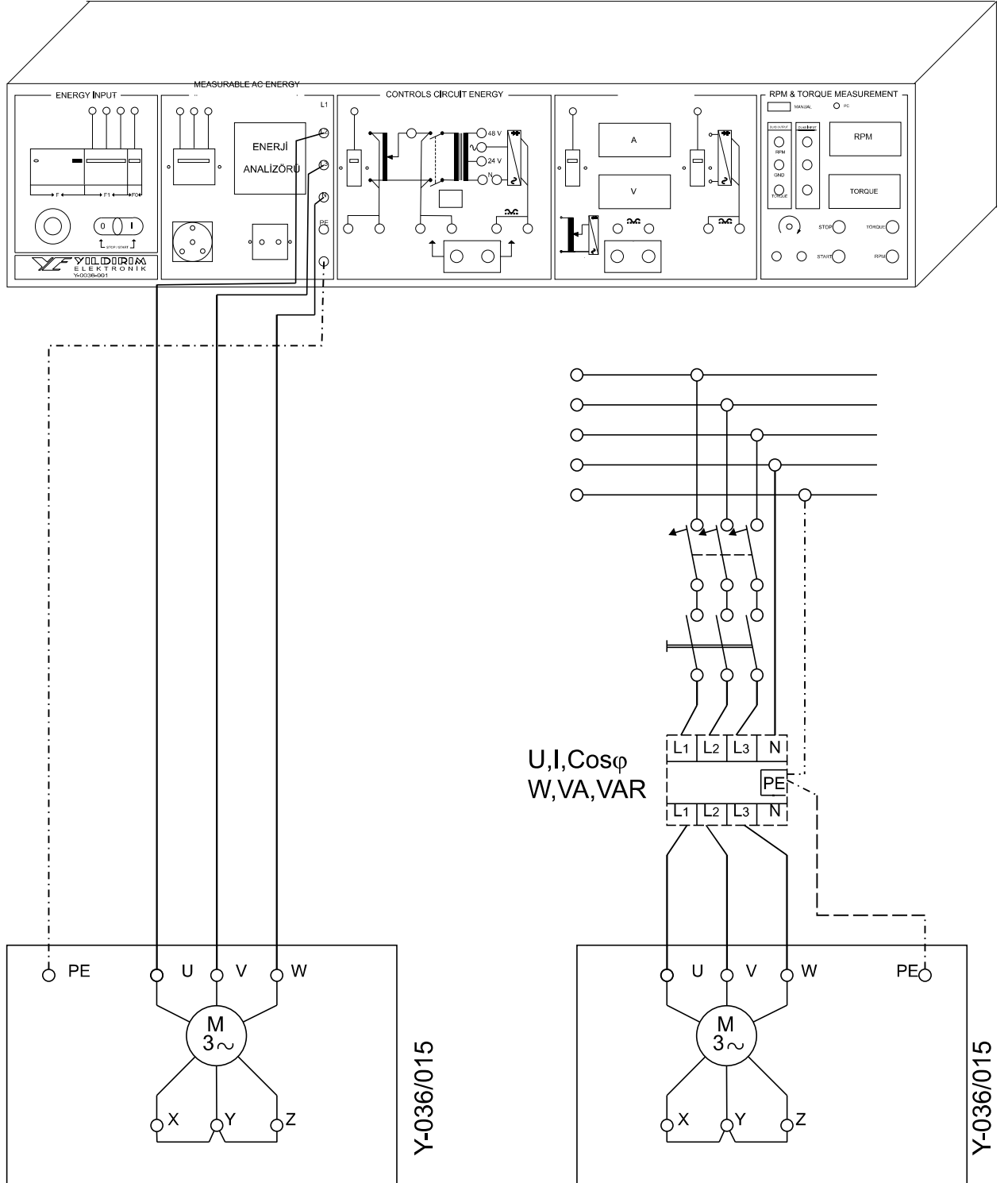
Deney no :9

Deney Adı :Üç Faz Asenkron Motorda Faz Dirençlerini Ölçme

Araç Gereçler : -Enerji üniteli deney masası Y-036/001  
-Raylı motor sehpası Y-036/002  
-Üç faz asenkron motor Y-036/015  
-Avometre - Ohm metre  
-Jaglı kablo ,IEC fişli kablo

Deney bağlantı şeması :

Y-036/001



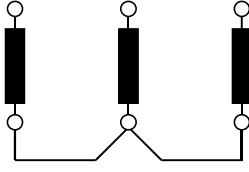
a)Deney bağlantı şeması

b)Devre şeması

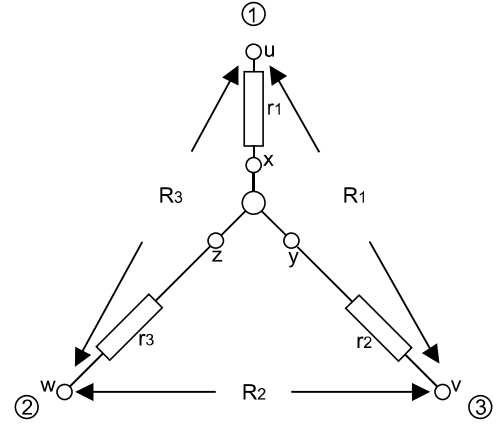
Şekil 9.8:Üç faz asenkron motorun direk çalışması deney bağlantı şeması.

## Deneyin yapılışı :

Üç fazlı asenkron motorun klemensini aşağıdaki gibi  $\Delta$  bağlayınız.



b) motor klemens  $\Delta$  bağlantı



c) Faz dirençlerinin  $\Delta$  bağlantı

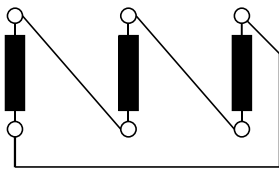
$$1-2 \rightarrow U-V \rightarrow R_1 = r_1 + r_2 \Rightarrow r_1 = \frac{1}{2}(R_1 + R_3 - R_2)$$

$$2-3 \rightarrow V-W \rightarrow R_2 = r_2 + r_3 \Rightarrow r_2 = \frac{1}{2}(R_1 + R_2 - R_3)$$

$$3-1 \rightarrow W-U \rightarrow R_3 = r_3 + r_1 \Rightarrow r_3 = \frac{1}{2}(R_2 + R_3 - R_1)$$

$$r_1 = \frac{1}{2}R_1, r_2 = \frac{1}{2}R_2, r_3 = \frac{1}{2}R_3 \Rightarrow r_1 = r_2 = r_3 = \frac{1}{2}R_1 = \frac{1}{2}R_2 = \frac{1}{2}R_3$$

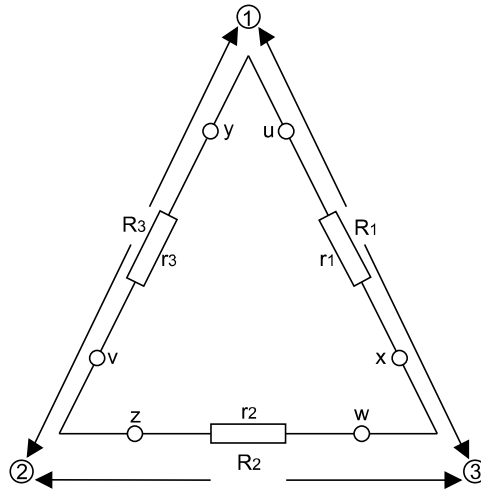
- Ohm metre veya avometre ile  $R_1, R_2, R_3$  direnç değerini ölçüp kaydediniz.
- Ölçtüğünüz değerlerden, denklemleri kullanarak faz (sargı) direnç değerlerini bulup kaydediniz.
- Sargı uçları ile motor gövdesini ohm metre (avometre) ile kontrol ediniz.
- Denklemlerle bulduğunuz faz (sargı) direnç değerleri ile ölçüm değerlerini karşılaştırınız.
- Üç fazlı asenkron motorun klemensini aşağıdaki gibi  $\Delta$  bağlayınız.



a) bobin açık  $\Delta$  bağlantı



b) motor klemens  $\Delta$  bağlantı



c) Faz dirençlerinin  $\Delta$  bağlantısı



$$1-2 \rightarrow Uy-XW \rightarrow R_1 = \frac{r_1(r_2+r_3)}{r_1+r_2+r_3}$$

$$2-3 \rightarrow WX-ZV \rightarrow R_2 = \frac{r_2(r_1+r_3)}{r_2+r_1+r_3}$$

$$3-1 \rightarrow VZ-YU \rightarrow R_3 = \frac{r_3(r_1+r_2)}{r_3+r_1+r_2}$$

Bu durumda faz dirençler eşit olduğuna göre

$$R_1=R_2=R_3 \Rightarrow r_1 = \frac{2}{3} R_1, r_2 = \frac{2}{3} R_2, r_3 = \frac{2}{3} R_3$$

$$r_1=r_2=r_3 = \frac{2}{3} R_1 = \frac{2}{3} R_2 = \frac{2}{3} R_3$$

-Ohm metre veya avometre ile  $R_1, R_2, R_3$  direnç değerini ölçüp kaydediniz. -Ölçtüğünüz değerden denklemi kullanarak faz (sargı) direnç değerlerini bulup kaydediniz.

-Denklemlerle bulduğunuz direnç değeri ile ölçüm sonucu bulduğunuz direnç değerlerini karşılaştırınız.

-Şekil-9.8 deki deney devresini kurunuz.

-Asenkron motora  $\lambda$  bağlı nominal gerilimini uygulayınız.

-Enerji ünitesindeki enerji analizatöründeki motorla ilgili parametreleri U, I, Cos $\phi$ , W, VA, VAR gözlemleyip kaydediniz.

-Enerjiyi kesip deneyi sonlandırınız.

### Deneyde Ölçülen Değerler

$R_1$	$R_2$	$R_3$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	Enerji analizatörü						AÇIKLAMA
						U	I	Cos $\phi$	W	VA	VAR	

### Sorular:

Soru 1: Asenkron motor sargılarında nasıl arızalar olur? açıklayınız .

Soru 2: Faz sargıları dirençleri arasında farklılık olur mu, varsa ne anlama gelir? açıklayınız.

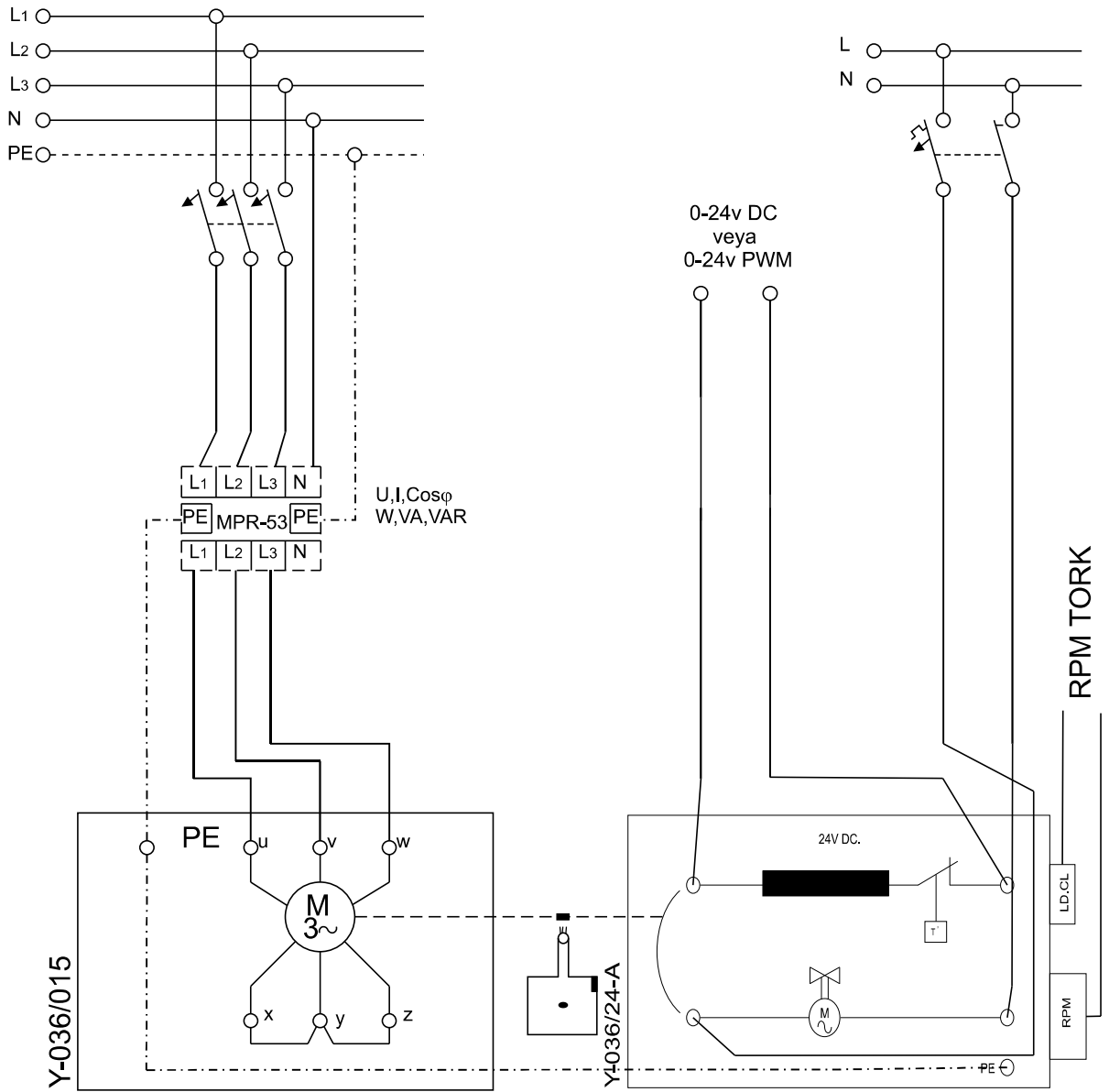
Soru 3: Bulduğunuz  $r_1, r_2, r_3$  faz sargı dirençlerine uyguladığımız U gerilimine göre ohm kanunuyla bulduğunuz I değeri ile motor çalışma akımı I aynı mı değilse sebebi nedir? açıklayınız.

Soru 4: Bulduğunuz dirençlerden bakır kayıplarını bulunuz.

Soru 5:  $\lambda$  ve  $\Delta$  bağlantıda oluşan direnç değerini analiz ediniz.

Soru 6: Deney sonu gözlemlerinizi açıklayınız.





Şekil 10.2:Üç fazlı asenkron motorda kaymanın bulunması devre bağlantı şeması.

Bilgi :Asenkron motorlarda kayma; döner alan ( $n_s$  veya  $n_o$ ) devir sayısı ile rotor ( $n_r$  veya  $n$ ) devir sayısı arasındaki farka kayma (S) denir.

$$S = n_s - n_r \text{ devir cinsinden,}$$

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \cdot 100 \text{ yüzde cinsinden denklemlerle bulunur.}$$

Asenkron motorda boş çalışmada kayma küçük değerlidir.Yük oranı arttıkça kayma değeri de artar.Kaymanın sıfır olması mümkün değildir.Döndürme momentinin oluşması için rotorda emk'nın oluşması ve rotordan akım geçmesi gerekir.Kaymanın çok küçük olması  $S=1$  gibi rotorun durması anlamına gelir.Bu koşulda motor (stator sargıları) şebeke-den büyük akım çeker.Kaymanın bulunması aşağıdaki usullerle yapılır.

Turmetre ile kaymanın bulunması :Turmetre ile motor milinden rotor devir sayısı ölçülür.Motorun kutup sayısı-frekansı kullanarak döner alan devir sayısı bulunup kayma tespit edilir.

Stroboskopik (alüminyum) disk-neon lamba yardımı ile kaymanın bulunması : Motor miline bağlanan alüminyum disk üzerine kutup sayısı kadar siyah-beyaz şeritler eşit olarak yapılır.Motor dönerken aynı şebekeden beslenen neon lamba diske yaklaştırılır.Bu anda siyah şeritler motor dönüş yönü tersine döndüğü görülür.Belirli zaman (saniye)

içindeki siyah bölümler sayılır (Z). Buna göre;

$$\%S = \frac{Z}{2.f.t} \cdot 100 \quad \text{denklemleri ile bulunur.}$$

f : Şebeke frekansı

t : Sinyal bölümlerinin sayıldığı zaman (saniye)

Z : Zaman içinde sayılan siyah şerit sayısı

Rotoru sargılı asenkron motorlarda mili voltmetre ile kaymanın bulunması : Rotoru sargılı asenkron motora, rotor sargısına direnç bağlanarak yol verilir. Sıfırı ortada mili voltmetre rotor sargısı iki ucuna bağlanarak belirli bir zaman (saniye) içindeki salınım sayısı tespit edilir. İbrenin, sola-sıfıra-sağa salınımı bir salınım kabul edilir. Salınım sayısı

tespiti birim zamanda yapıldıktan sonra

$$\%S = \frac{Z}{t.f} \cdot 100 \quad \text{denklemlerinden kayma bulunur}$$

Z : Salınım sayısı (saniye)

t : Salınımın sayıldığı zaman (saniye)

f : Frekans, motorun çalıştığı şebeke frekansı

### Deneyin Yapılışı :

- Şekil 10.1, 10.2 deki deney devresini kurunuz.
- Yansıtıcı bantı akuple kaplına uygulayınız (yapıştırınız).
- Üç faz asenkron motoru (Δ bağlı) nominal gerilimini uygulayınız.
- Takometre ile motor akuple kaplından (nr) rotor hızını ölçüm kaydediniz.
- Manyetik toz frenine D.C gerilim(0) sıfırdan başlayarak kademe kademe uygulayınız. Aynı anda fan motorunada (L-N) 220v A.C uygulayınız.
- D.C gerilim uygulaması max 24v veya asenkron motorun nominal akımının %1,5 katına kadar akım çekecek kadar uygulayınız.
- Her kademede D.C gerilim uygulamasında motor akuple kaplından (nr) rotor hızını ölçüp kaydediniz.
- Enerjiyi kesip deneyi sonlandırınız.

### Deneyde Ölçülen Değerler

Enerji analizatörü						Uf	If	ns	nr	S	AÇIKLAMA
U	I	Cosφ	W	VA	VAR						

### Sorular :

Soru 1: Kayma nedir? tanımlayarak, bulunması nasıl yapılır? açıklayınız

Soru 2: Hesaplama bulunan kayma (S) ile deneyde bulunan kayma arasında fark var mıdır? sebebini açıklayınız.

Soru 3: Kaymanın 0,1,-1 olması ne anlama gelir nasıl sağlanır? açıklayınız.

Soru 4: Yük arttıkça kayma artar mı bunun sebebi nedir? açıklayınız.

Soru 5: Kayma olmadan dönme momentinin oluşması için ne yapılması gerekir? açıklayınız.

Soru 6: Deney sonu gözlemlerinizi açıklayınız.



Bilgi : Asenkron motorla boş (yüksüz) çalışmada şebekeden çok küçük akım–güç çekerler.Çekilen bu küçük güç asenkron motorun sabit kayıplarını karşılar.

Bu kayıplar ;

Demir kayıpları  $P_{fe}$

Sürtünme–rüzgar kayıpları  $P_s$

Motorların boş çalışmalarında nominal gerilim uygulanır.Asenkron motorlarda boş çalışmada kayma çok küçüktür. Asenkron motorlar boş çalışmada motor yapısına göre şebekeden nominal akımın % 15-% 50 'si kadar akım çeker.Bu akımın bileşenleri ;  $I_m$  (stator manyetik alanı) manyetik alan akımı ve kayıpları karşılamak için  $I_w$  akımıdır. Motorun boştaki güç katsayısı 0,1–0,3 gibi değerlerdir.

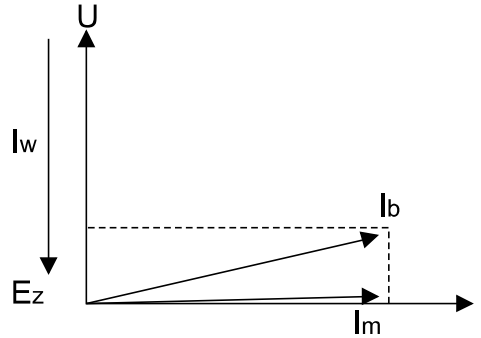
Boş çalışmadaki güç :

$$P_b = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_b \cdot \cos\phi_b$$

Boştaki kayıplar ise ;

$$P_{cub} + P_{fe} + P_{sü}$$

$$P_b = P_{cub} + P_{fe} + P_{sü} \text{ dir.}$$



Şekil 11.2 :Asenkron motorun boş çalışma akım bileşeni

Asenkron motorun döner alanı boşa–yükte değişmez.Devir sayısı ise boşa–yükte çok az bir değişim gösterir.Boş çalışmada bakır kayıpları vardır.Bu kaybın çok az olması gerekir.Çekilen akımda olduğu gibi.

### Deneyin Yapılışı :

Not:Deneyde 4kw asenkron motor (y-036/016) vb. kullanılması,ölçüm değerlerinin büyük olması nedeni ile ölçüm ünitesinde daha rahat görülmesi içindir.

- Şekil 32.1 deki deney devresini kurunuz.
- Motor klemensi  $\Delta$  bağlı olarak nominal gerilimini uygulayınız.
- Motor kalkış parametrelerini gözlemleyip kaydediniz (I)
- Motor normal çalışmasında enerji analizatöründen U,I,Cosφ,W,VA,VAR değerlerini gözlemleyip kaydediniz.
- Takometre ile motor milinden ( $n_r$ ) rotor devrini ölçüp kaydediniz.
- Enerjiyi kesip deneyi sonlandırınız.
- Motor klemensini  $\Delta$  bağlayıp nominal gerilimi uygulayarak yukardaki deney işlem sıra-sını uygulayınız.
- Enerjiyi kesip deneyi sonlandırınız.

## Deneyde Ölçülen Değerler

(λ bağı) Enerji analizatörü							(Δ bağı) Enerji analizatörü							AÇIKLAMA
U	I	Cosφ	W	VA	VAR	kalkış	U	I	Cosφ	W	VA	VAR	kalkış	

### Sorular :

Soru 1: Asenkron motor boş çalışma deneyi hangi amaçla yapılmıştır? açıklayınız.

Soru 2: Boş çalışmada Cosj neden küçüktür? açıklayınız.

Soru 3: Boş çalışmadaki (Pcu) bakır,(Pfe) demir,(Psü) sürtünme kayıplarını bulunuz.  
(Pcu) bakır kaybı ne olur? açıklayınız.

Soru 4: Denklem sonucu bulunan Cosφ ile ölçülen Cosφ aynı mı? değilse sebebini açıklayınız.

Soru 5: Kalkış akımları λ ve Δ farklı mıdır sebebi nedir? açıklayınız.

Soru 6:Deney sonu gözlemlerinizi açıklayınız.

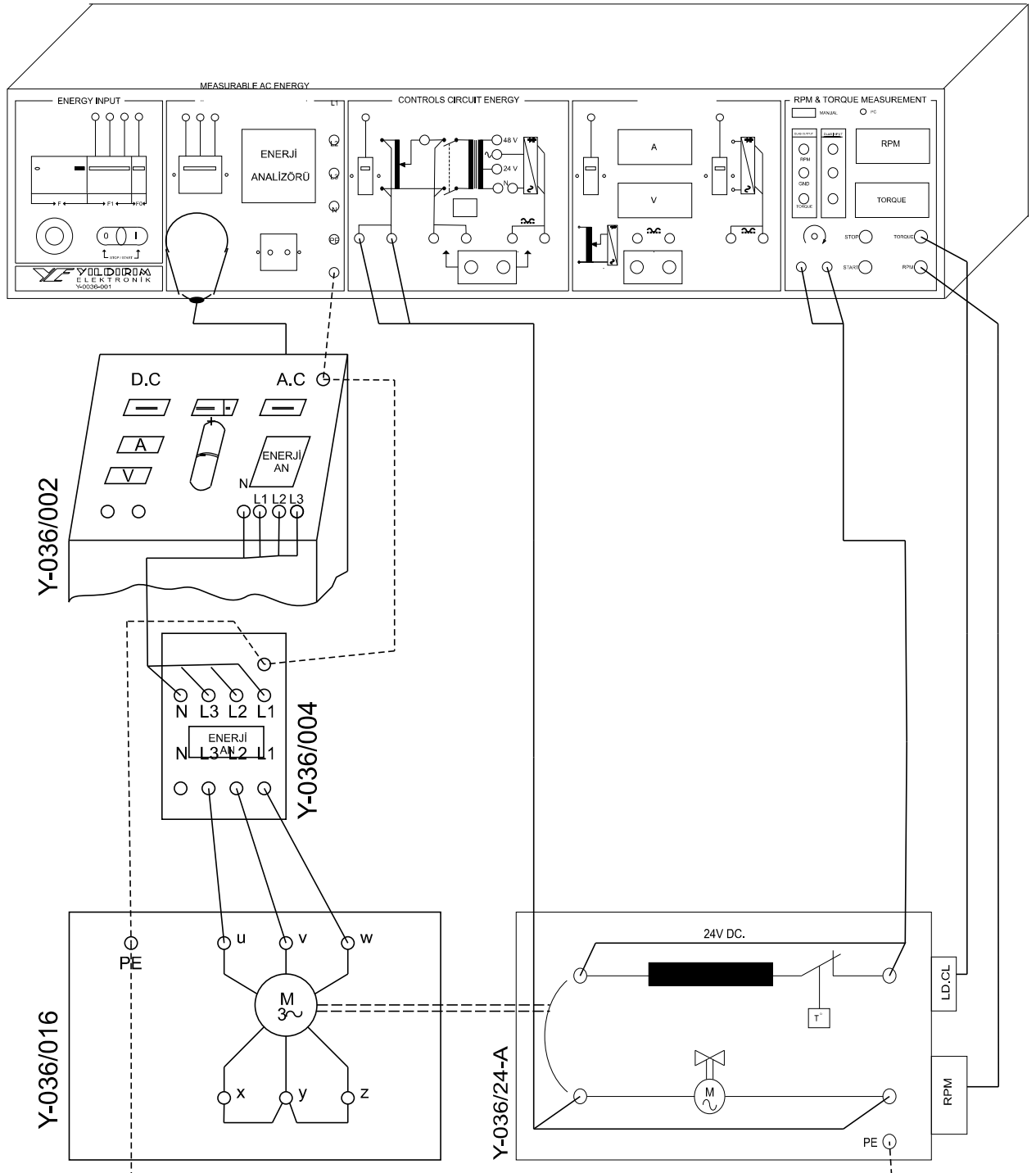
Deney no : 12

**Deneyin Adı:** Üç Fazlı Asenkron Motorun Kısa Devre(Kilitli Rotor) Deneyi

Araç Gereçler :-Enerji üniteli deney masası	Y-036/001
-Üç faz varyak	Y-036/002
-Raylı motor sehpası	Y-036/003
-Enerji analizatörü	Y-036/004
-3 faz asenkron motor	Y-036/015
Manyetik toz fren	Y-036/024-A
-Jaglı kablo ,IEC fişli kablo	

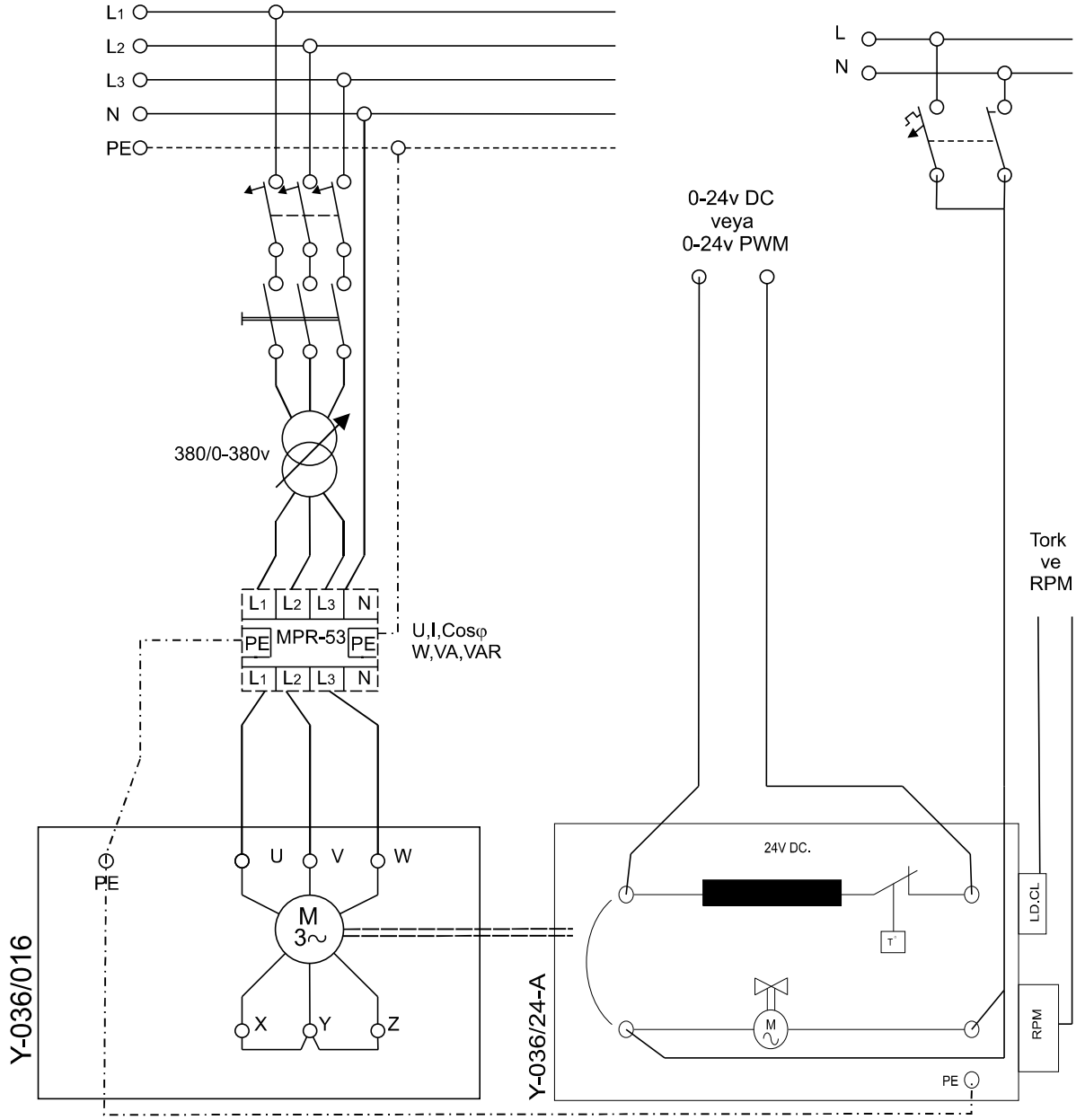
**Deney bağlantı şeması :**

Y-036/001



Şekil 12.1:Üç fazlı asenkron motorun kısa devre deney bağlantı şeması.





Şekil 12.2 Üç faz asenkron motorun kısa devre deneyi devre şeması.

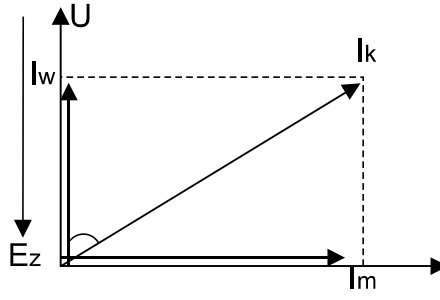
Bilgi :Gerilim kaynağından motor sıfırdan başlayarak gerilimi kademe, kademe artırılarak uygulanır.Motorun çektiği akım önce nominal değerde daha sonra kısa bir süre için nominal değerın %150 sine kadar çıkarılır.Deney süresince rotorun dönmemesi sağlanır. Motora uygulanan gerilim nominal değerın %40 kadardır.Bu sırada motorun çektiği güç bakır kayıplarını verir.Rotor dönmediğinden sürtünme-rüzgar kayıpları sıfırdır.Demir kayıpları küçük değerdedir.Bu deney sonucunda  $R_e$  bulunduğuna göre herhangi bir yük akımındaki bakır kaybı bulunur.

$$P_k = P_{cu} = 3.I_1^2 R_e \dots\dots\text{dir.}$$

$$R_e = \frac{P_{cu}}{3.I_1^2} \dots\dots\dots \text{dir}$$

Bu deneyde alınan ölçüm değerlerle; uygulanan gerilime göre akım-gücün değişimi; akımla güç katsayısı-empedans-güç değişimleri görülebilir.

Asenkron motorun kısa devre akım bileşeni



Sekil 12.3. Asenkron motor kısa devre deneyi akım bileşeni

$I_k$ - Kısa devre akımı ( statorun çektiği akım)

$I_m$ - manyetik alan akımı

$I_w$ - Kayıpları karşılamak için ( $P_{cu}+P_{fe}$ )akım rotoru kilitlenmiş asenkron motor sekonderi kısa devre edilmiş trafo gibidir.

### Deneyin yapılışı:

Not:Deneyde üç fazlı 4kw motor (Y-036/016) yerine,üç fazlı 1kw motoru (Y-036/015) kullanabilirsiniz.Manyetik toz freni PWM 0-24v kaynakla maksimum değerde enerjilendirerek yapınız.

-Şekil 12.1,12.2 deki deney devresini kurunuz.

-Motor milinin dönmesini önlemek için manyetik toz freni RPM ve tork kısmının PWM 0-24v kısmı maksimum değerde tutup starta basınız.

-Ayarlı A.C besleme (varyak Y-036/002) ünitesinden sıfırdan başlayarak gerilimi kademe kademe artırarak motora uygulayınız.

-Motor nominal akım değerine ulaşıncaya kadar gerilimi artırınız.Her konumda devredeki enerji analizatöründeki parametreleri ( $U,I,\cos\phi,W,VA,VAR$ ) gözlemleyip kaydediniz.

- $P_k=3.I^2.R_e$  denklemindeki ( $P_k$ ) kısa devre gücü,( $P_{cu}$ ) bakır kaybı,( $R_e$ ) eşdeğer direnci ölçümdeki değerlerden ve denklemden bulunuz.

-Motor nominal akım değerinin 1.5 katına yaklaşıncaya kadar motora uygulanan gerilimi kademe kademe artırın nominal değer üzerindeki akım değerini kısa süreli uygulayınız. Bu konumda enerji analizatörünün parametrelerini gözlemleyip kaydediniz.

-Enerjiyi kesip deneyi sonlandırınız.

\*isteme bağlı özellikle kısa süreli motor nominal gerilimi uygulayarak deneyi tekrar edebilirsiniz. Gözlemleri kaydedip analiz yapınız.

### Deneyde Ölçülen Değerler

Enerji analizatörü						n	Re	AÇIKLAMA
U	I	Cosφ	W	VA	VAR			
						n=0 sabit		

### Sorular :

Soru 1: Asenkron motorda kısa devre deneyi hangi amaçla yapılır? açıklayınız.

Soru 2: Deneyde  $\cos\phi$  değeri nedir? açıklayınız.

Soru 3: Deneyde motor nominal gerilimi neden uygulanmaz? açıklayınız.

Soru 4: Denklemden ( $P_k=3 \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi_k$ ) bulunan  $\cos\phi_k$  ile deneyde ölçülen  $\cos\phi_k$  aynı mıdır farklı ise sebebi nedir? açıklayınız.

Soru 5: Kısa devre deneyinde ( $P_{fe}$ ) demir kaybı var mıdır varsa neden göz ardı edilir? açıklayınız.

Soru 6: Deney sonu gözlemlerinizi açıklayınız.

Deney no :13

Deneyin Adı:Üç Fazlı Asenkron Motorun Yüklü Çalışması

Araç Gereçler :-Enerji ünitesi deney masası

Y-036/001 -

-Raylı motor sehpası

Y-036/003

-Üç fazlı asenkron motor

Y-036/015

-Manyetik toz fren

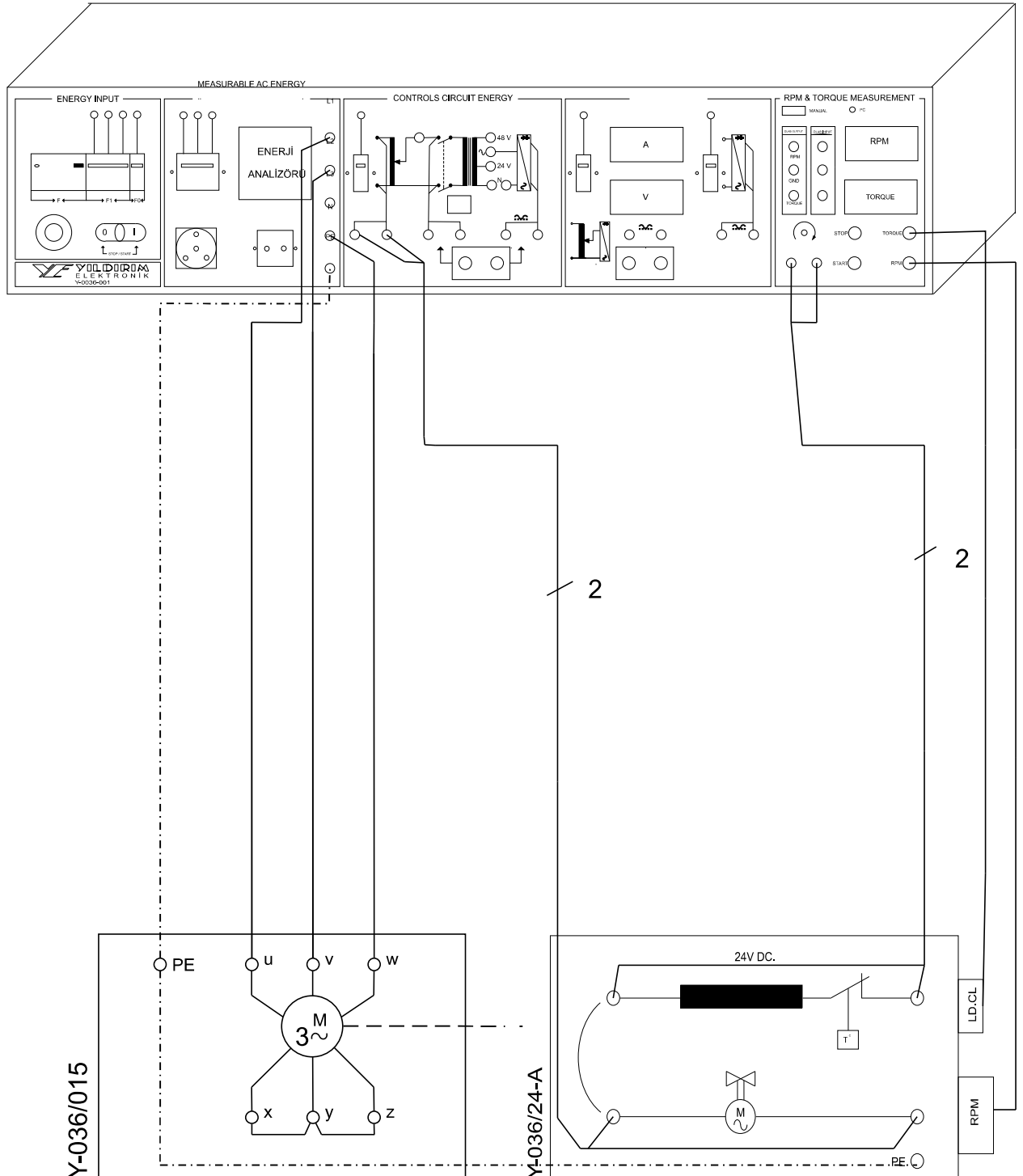
Y-036/024-A

-takometre

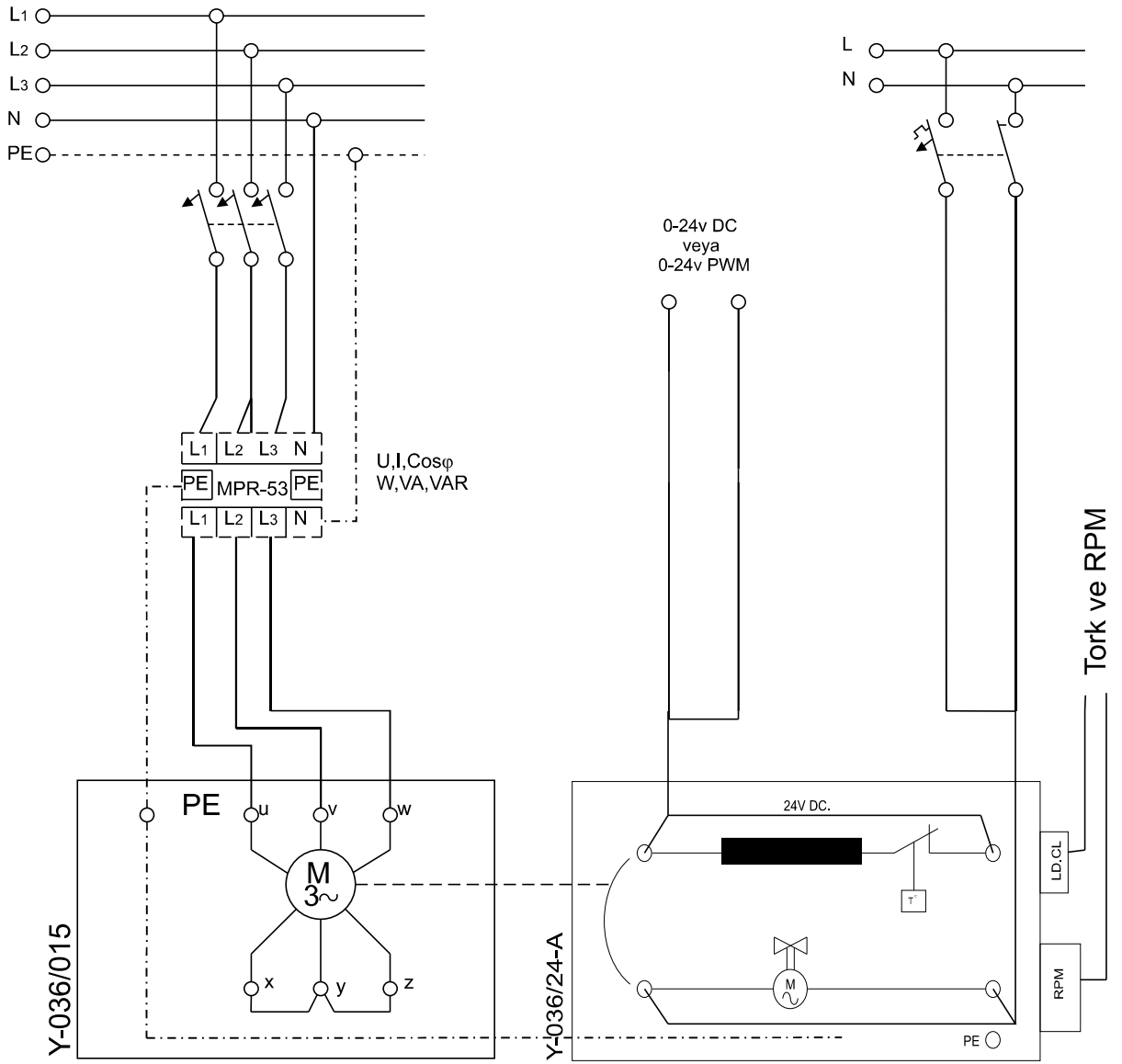
-Jaglı kablo ,IEC fişli kablo

Deney bağlantı şeması :

Y-036/001



Şekil 13.1:Üç fazlı asenkron motorun yüklü çalışması deney bağlantı şeması.



Şekil 13.2:Üç fazlı asenkron motorun yüklü çalışması devre bağlantı şeması.

Bilgi :

Asenkron motorun yüklü çalışmasında; güç (P) ile, moment (M), devir (n), verim (h), kayma (S), güç katsayısı (Cosφ) ve akım-moment, kayma moment gibi ilişkileri gözlem-lenebilir.

Asenkron motorlarda devir sayısı yüklendikçe azalır, boş ve tam yükteki devir sayısı doğrusal olarak düşer bu fark büyük değerlerde değildir.

Asenkron motorun güç katsayısı boşta küçük olup, yüklendikçe büyür.Motorun kayması da motor yüklendikçe belirli bir değere kadar artar.

Asenkron motorlarda verim yüklendikçe artar, 1/3 yükten sonra tam yüke kadar verim artışı daha yüksektir.

Asenkron motorun momenti de motordan alınan güçle doğru orantılı olarak artar, bu artış devrilme momentine kadar devam eder.Asenkron motorlarda bazı büyüklüklerin denklemsel ifadesi;

$$S = \frac{n_s \cdot n_r}{n_s} \cdot 100$$

Motor etiketinde alınan güçtür

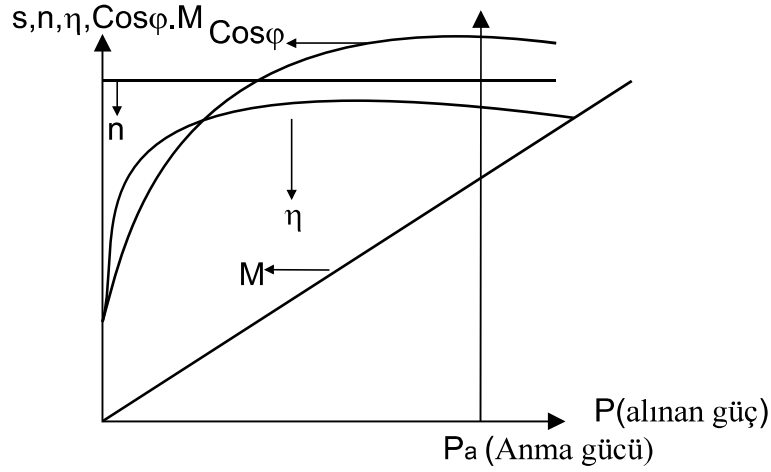
$$\eta = \frac{\text{Alınan güç}}{\text{Verilen güç}}$$

$$M = \frac{P_{kv} \cdot 975}{n_r} \text{ kgm.}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot \text{Cos}\phi \text{ verilen güç}$$

Asenkron motorlarda (nr) devir, turmetre ile ölçülür, güç katsayısı Cosjmetreyle doğru-dan ölçülür.Motor kayıpları  $P_k = P_{cu} + P_{fe} + P_s$ , moment fren sistemi gibi usullerle ölçülür.

\*Y-0036/001 enerji ünitesinde devir,tork ünitesinde direk diğer tüm AC parametreler enerji analizatöründen direk ölçülür.



Şekil 13.3 Asenkron motorun karakteristikleri

### Deneyin yapılışı :

Not:\*Deneyde asenkron motoru yüklemek için manyetik toz fren (Y-036/024-A) kullanılmıştır.İstenilirse D.C şönt kompunt dinamo ve yük gurubu kullanılabilir.

\*3 fazlı asenkron motor şekilde  $\Delta$  bağlı uygulama yapılmıştır şebekeye direk bağlandığı için motor etiketini dikkate alınız.

-Şekil 13.1,13.2 deki deney devresini kurunuz.

-Üç faz asenkron motora nominal gerilimini uygulayıp çalıştırınız.Bu konumda enerji ana-lizatörü parametrelerini (U,I,Cosφ, W,VA,VAR) gözlemleyip kaydediniz.

-Manyetik toz freni fan motorunu (220v A.C) çalıştırınız.

-Manyetik toz frenine D.C kaynaktan sıfırdan başlayarak kademe kademe gerilim uygula-yınız veya RPM ve tork ölçüm kısmından 0-24v PWM kısmından starta basıp kademe

kademe uygulayınız.Bu konumu asenkron motor nominal gücüne kadar devam ettiriniz.

Her konumda enerji analizatörü parametreleri ve n,Nm değerlerini gözlemleyip kaydediniz.

-Manyetik toz frene uygulanan D.C gerilimi artırarak üç faz asenkron motorun nominal gü-cününün 1.5 katı kadar yüklenmesini sağlayınız.Bu konumda enerji analizatörü parametreleri ve n,Nm değerlerini gözlemleyip kaydediniz.

-Asenkron motor etiket değerlerini dikkate alarak ve uygun koşulları oluşturup motorunuzu  $\Delta$  konumda çalıştırarak yukardaki deney işlemi sırasıyla uygulayınız.Motorun yüklü çalışması yıldız ve üçgen bağlantı konumunu karşılaştırınız. Motor  $\Delta/\Delta$  direk çalışmaya uygun değilse AC motor sürücü (Y-0036/026 veya Y-0036/026-A) kullanarak motoru  $\Delta$  bağlayın.

-Enerjiyi kesip deneyi sonlandırınız.

### Deneyde Ölçülen Değerler

Enerji analizatörü						n d/dak	S Hesap	M Hesap	η	Tork Nm	AÇIKLAMA
U	I	Cosφ	W	VA	VAR						

### Sorular :

Soru 1: Asenkron motor devir (n),yük (Pa) arasındaki ilişki nedir? açıklayınız.

Soru 2: Asenkron motorda kayma (S),yük (Pa) arasındaki ilişki nedir? açıklayınız.

Soru 3: Asenkron motorda moment değerini analiz ediniz.

Soru 4: Devrilme momenti nedir hangi koşulda oluşur? açıklayınız.

Soru 5: Asenkron motorun yüklü çalışmasındaki (η) verim değişimini analiz ediniz.

Soru 6: Deney sonu gözlemlerinizi açıklayınız.

## ASENKRON GENERATÖRLER

Günümüzde enerji çeşitliği içerisinde yenilenebilir ve temiz enerji olarak rüzgar enerjisine olan ilgi ve yatırımlar artarak değer kazanmaktadır.

Küçük rüzgar türbinlerinde DC generatörler kullanmakla beraber şebekeye paralel (senkron) çalışan orta-büyük ölçekte AC generatörler, ASENKRON-SENKRON olarak kullanılmaktadır.

Konumuz olan Asenkron generatörler şunlardır.

- a) Sincap kafesli Asenkron generatörler (SKAG)
- b) Rotoru sargılı Asenkron generatörler (RSAG)
  - \*Çift beslemeli Asenkron generatörler (ÇBAG)
  - \*Optislip generatör (OSG)

## SENKRON GENERATÖRLER

- a) Rotoru sargılı (alan sargılı) senkron generatör (RSSG)
- b) Sürekli (doğal) mıknatıslı senkron generatör (SMSG)

## DOĞRU AKIM GENERATÖRÜ

Anahtarlı redüktans Generatör (ARG)

**ASENKRON GENERATÖR :** Bir asenkron makine, generatör çalışmada makinenin rotor-undan alınan mekanik güçtür. Asenkron makine (generatör) statoru üç faz grubuna ait aralarında 120 derece faz farkı olan sargı (bobin) gurubu olup, bu sargılar stator yüzeyine yayılmıştır. Bu sargılar üzerindeki akım akışından dolayı rotor etrafında dönen bir manyetik alan oluşturur ki bu manyetik alan asenkron makinenin önemli çalışma özelliğidir. Asenkron makinedeki rotor akımı ile stator akısı etkileşim bir momente neden olur. Şayet a-senkron makinenin rotoru bir rüzgar türbinine bağlarsak veya başka bir dönen makine v.b bağlarsak ve senkron hızdan daha yüksek hızda döndürürsek rotorda indüklenen akım ve momentin yönü motor çalışma durumuna göre ters yönde olur. Bu koşulda asenkron makine generatör olarak çalışır, mekanik gücü elektrik enerjisine çevirir, stator uçlarına bağlı yükü besler. Şayet asenkron makine şebekeye paralel olarak çalışıyorsa şebekeye enerji vermektedir. Kısaca ; asenkron makinenin generatör olarak çalışması için senkron hızdan daha yüksek hızda döndürülmesi gerekir. Asenkron makinede stator ile rotor arasında hiçbir elektrikli bağlantı olmayıp tamamen elektromanyetik endüksiyon prensibiy-le çalışır. Asenkron makinenin Asenkron makinenin generatör olarak çalışmada AC uyartım akımına ihtiyaç vardır. Bu uyartım sistemi kendinden veya harici olabilir.

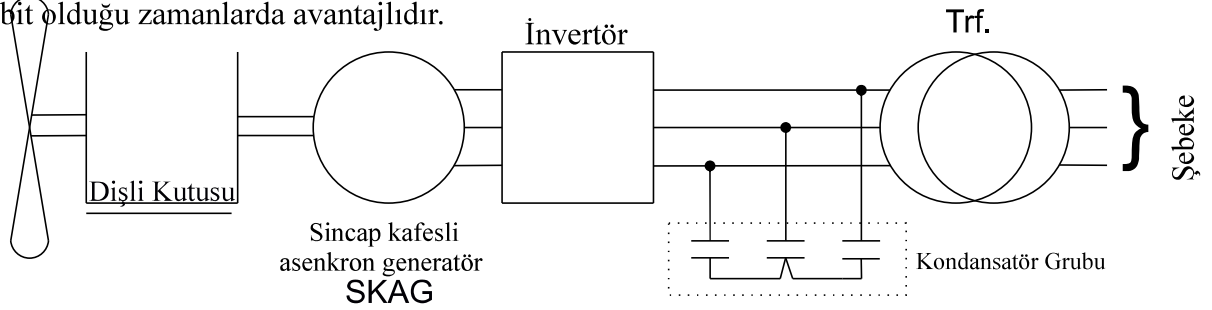
## KENDİNDEN UYARTIMLI ASENKRON GENERATÖRLER

Rüzgar türbininde başlangıçta asenkron makine motor olarak çalışmakta senkron hızı aşınca generatör olarak çalışmaya başlayacaktır. Bu süreçte mıknatıslama akımı, şayet asenkron makine şebeke ile paralel çalışıyorsa şebekeden temin edilir, bununla birlikte asenkron makineye paralel bir kondansatör bağlayarak asenkron (makine) generatörün ihtiyacı olan uyartım akımı şebekeye ihtiyaç olmadan sağlanmış olur.

Kendinden uyartımlı asenkron generatörün temel mantığı stator sargısının sahip olduğu (L) endüktans ile paralel bağlanan harici (C) kondansatörün arasındaki rezonans durumu oluşturmaya dayanır. Buradaki osilasyon frekansı, yani rotor uyarma frekansı harici bağlanan kondansatörün kapasitesine bağlıdır. Enerji dönüşümünde kullanılan asenkron generatörler sincap kafesli ve rotoru sargılı olarak iki çeşittir.

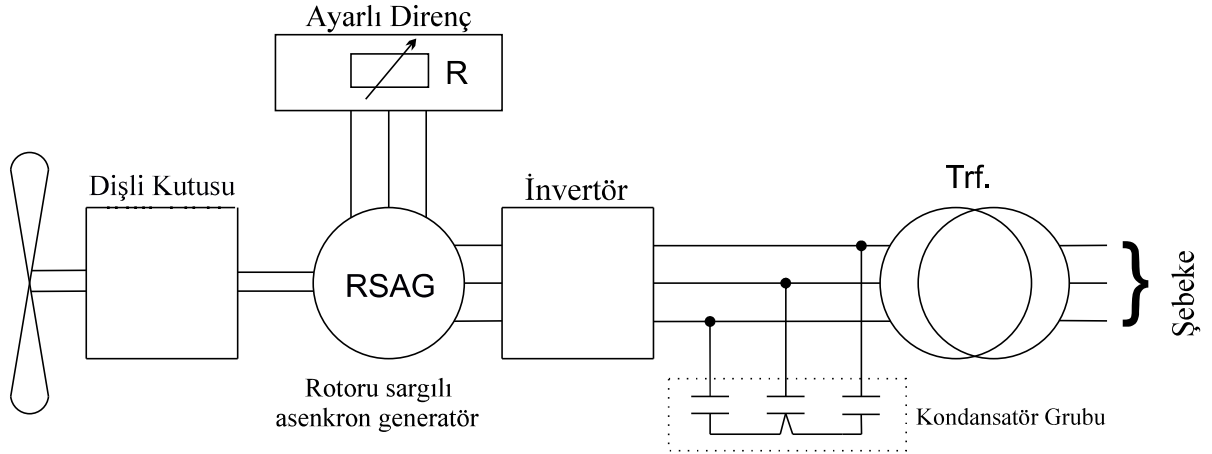
## SİNCAP KAFESLİ ASENKRON GENERATÖR

Bu asenkron makine bir AC sisteme doğrudan bağlanıp sabit hızla çalıştığı gibi invertör kullanılarak değişik hızlarda çalıştırılabilir. Sincap kafesli asenkron makineler fırçasız, ekonomik, sağlam yapıda v.b gibi nedenlerden dolayı sıkça kullanılır. Kayma, dolayısıyla rotor hızı üretilen gücün miktarı ile değişir. Rotor hızındaki değişim %1-2 civarındadır. Bu özellik rüzgar hızının sabit olduğu zamanlarda avantajlıdır.



## ROTORU SARGILI (BİLEZİKLİ) ASENKRON GENERATÖR

Bu asenkron makinenin rotorunun elektriksel özellikleri haricen kontrol edilir. Bu nedenle rotor gerilimi değiştirilir. Rotor sargı uçları bilezikler fırçalar yardımıyla üç faz yol verme direnci v.s veya harici bir kaynağa bağlanır. Dolayısıyla yol alma akımı sınırlandırıldığı gibi makinenin (rotorun) hız ayarı da yapılabilir.



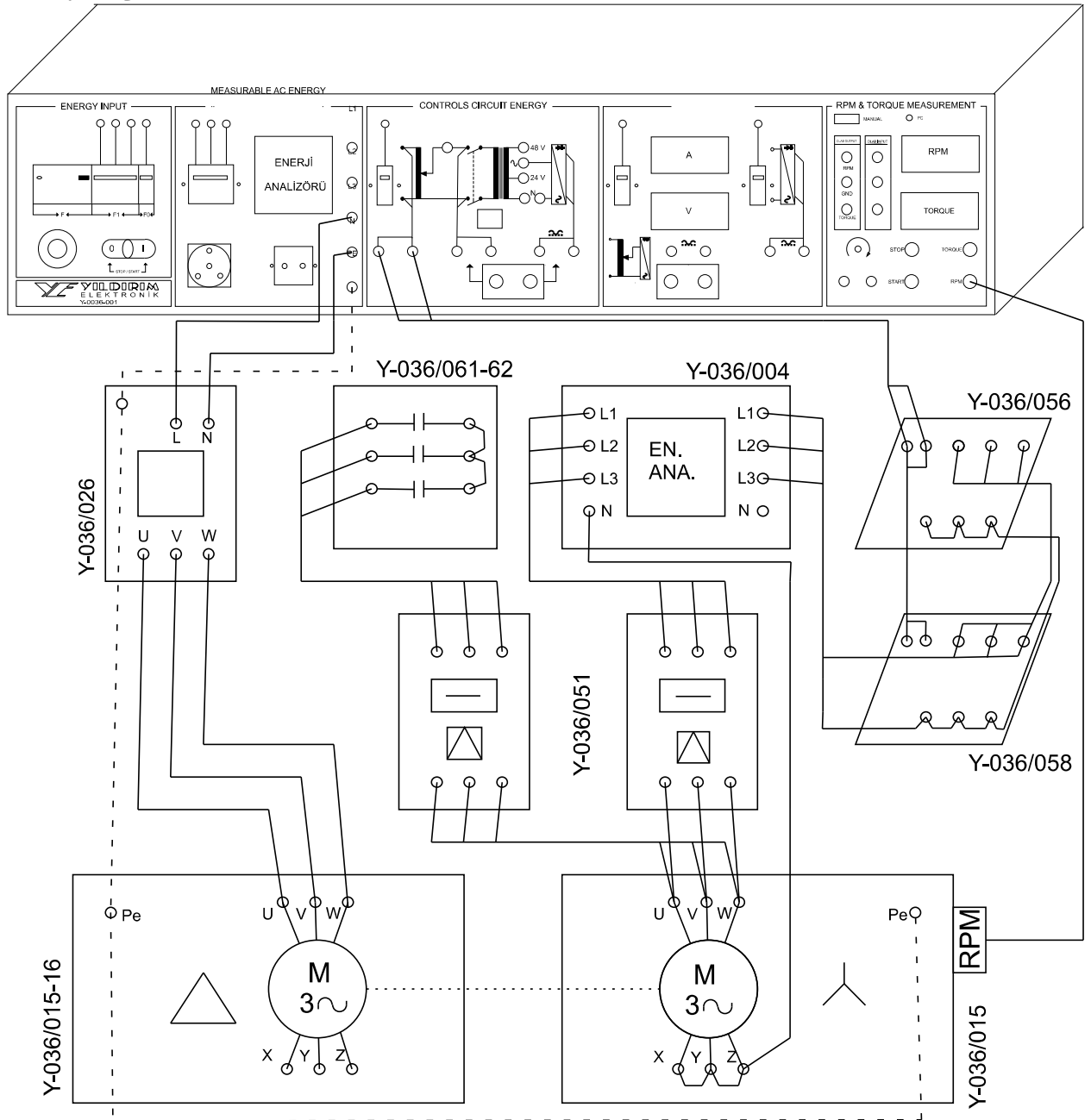
Deney no :14

Deneyin Adı:Asenkron Makinenin Generatör Olarak Çalıştırılması

Araç Gereçler: -Enerji üniteli deney masası Y-036/001  
-Raylı motor sehpası Y-036/003  
-Enerji analizatörü Y-036/004  
-AC ölçüm Y-036/005  
-3 faz asenkron motor Y-036/015-016  
-3 faz ayarlı omik yük Y-036/056  
-3 faz ayarlı endüktif yük Y-036/058

### Deney Bağlantı Şeması

Y-036/001



Şekil 14.1 :Asenkron makinenin generatör olarak çalışması deney şeması





-Omik yükü her fazını eşit olarak 1. veya 2. kademeye kadar getirerek asenkron jeneratörü yükleyiniz. Bu konumda U,I,cosφ,Hz,w,n değerlerini kaydediniz.  
-Yüklemeye gerilim değeri değişiyorsa döndüren makinenin hızını ayarlayarak mümkünse kondansatör değerini değiştirerek normal şebeke (220v 50Hz) değerine getiriniz. -Omik yükü devreden çıkararak asenkron jeneratörü endüktif yükü yükleyip yukarıdaki (omik yükteki) işlemi tekrarlayıp bu konumda U,I,cosφ,Hz,VA,VAR,w,n değerlerini kaydediniz.  
-Endüktif yük ile omik yükü beraber kullanarak asenkron jeneratörü yükleyin. Yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız. Enerji analizatörü parametrelerini ve devri kaydediniz. -Enerjiyi kesip deneyi sonlandırınız.

### Deneyde Ölçülen Değerler

Döndüren Makine			Asenkron Jeneratör							AÇIKLAMA
U	I	n	U	I	cosφ	Hz	W	VA	VAR	

### Sorular:

- Soru 1: Asenkron makinenin generatör olarak çalışmasını açıklayınız.  
Soru 2: Asenkron makinede senkron hızı aşıldığında rotor ve statorda ne tür etkileşim olur?  
Soru 3: Kondansatörün kapasitesinin asenkron makinenin generatör olarak çalışmasındaki etkisi nedir? açıklayınız.  
Soru 4: Senkron hızın çok üzerindeki değerlerde ne oluyor? açıklayınız.  
Soru 5: Yüklerin asenkron generatöre etkisi nedir? Aldığınız değerlerle açıklayınız.  
Soru 6: Asenkron generatör çeşitlerini özelliklerini ve kullanım yerlerini açıklayınız.